

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

19.05.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 5月23日

出願番号
Application Number: 特願2003-145708
[ST. 10/C]: [JP 2003-145708]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

REC'D 08 JUL 2004

WIPO

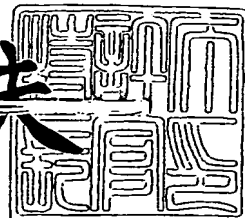
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3054482

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022050172

【提出日】 平成15年 5月23日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/28

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 浜田 英伸

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光デバイス及び光集積デバイス

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 厚さ方向に屈折率が変化するシート状の多モード光伝送路と、前記シート状光伝送路の入射面に少なくともひとつの入射光を入射させる入射部と、前記シート状光伝送路の出射面から少なくともひとつの出射光を受光する出射部で構成され、前記入射光がシート状の多モード光伝送路の幅方向に励起する多モードの伝搬方向に沿ったモード分散によって、前記出射光を発生することを特徴とする光デバイス。

【請求項 2】 前記シート状の多モード光伝送路長 (L) が、前記入射光がシート状の多モード光伝送路の幅方向に励起する多モードの第 0 次モードと第 1 次モードの伝搬定数差の関数となることを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 3】 前記シート状の多モード光伝送路は一定厚みの直角四角形状を有し、前記シート状の多モード光伝送路長 (L) が、前記シート状の多モード光伝送路の幅方向の基本モード幅 (W_0) と前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向の最大屈折率 (n_0) と前記入射光の波長 (λ) の関数となることを特徴とする請求項 1 に記載の光デバイス。

【請求項 4】 前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向の屈折率分布が、中央部分で極大となることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 5】 前記入射部はシート状の多モード光伝送路の入射面に近接して前記シート状の多モード光伝送路の幅方向にアレー状に並ぶ発光部で構成され、前記出射部はシート状の多モード光伝送路の出射面に近接して前記シート状の多モード光伝送路の幅方向にアレー状に並ぶ受光部で構成されることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 6】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面において幅方向の中心位置にひとつの入射光を入射させる入射部と、前記シート状光伝送路の出射面において幅方向の中心位置に対して対称位置に N 個の出射光を受光する出射部で

構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $n_0 \times W_0^2 / \lambda / N$ の整数倍であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 7】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面において幅方向に並んだ少なくともひとつの入射光を入射させる入射部と、前記入射面上の入射位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の出射面上の平行位置に出射する出射光を受光する出射部で構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $8 \times n_0 \times W_0^2 / 3 / \lambda$ の整数倍であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 8】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面において幅方向に並んだ少なくともひとつの入射光を入射させる入射部と、前記入射面上の入射位置の幅方向の中心位置に対する対称位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の出射面上の平行位置に出射する出射光を受光する出射部で構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $4 \times n_0 \times W_0^2 / 3 / \lambda$ の奇数倍であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 9】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面において幅方向の中心位置に対して対称位置にある偶数個の入射光を入射させる入射部と、前記入射面上の入射位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の出射面上の平行位置に出射する出射光を受光する出射部で構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $2 \times n_0 \times W_0^2 / 3 / \lambda$ の奇数倍であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 10】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面において幅方向の中心からずれた入射光を入射させる入射部と、前記入射面上の入射位置と光軸方向に対して前記シート状の光伝送路の出射面上の平行位置（第 1 出射位置）と、前記入射面上の入射位置の幅方向の中心位置に対する対称位置と光軸方向に対して前記シート状の光伝送路の出射面上の平行位置（第 2 出射位置）のいずれかに出射する出射光を受光する出射部と、前記シート状の多モード光伝送路を幅方向に 2 分する前記第 1 出射位置と含む第 1 部分多モード光伝送路と前記第 2 出射位置と含む第 2 部分多モード光伝送路の少なくとも一方の屈折率を変化させる屈折率制御部で構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $4 \times n_0 \times W_0^2$

／3／λの奇数倍であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項11】 前記シート状の多モード光伝送路が熱光学効果を有する材料で作製され、前記屈折率制御部が、シート状の多モード光伝送路の光軸方向と幅方向を含む面に平行に設けた冷熱シートと、前記冷熱シートに熱の入出力を行う冷熱源と、前記冷熱源を制御する制御部で構成されることを特徴とする請求項10に記載の光デバイス。

【請求項12】 請求項10に記載の光デバイスの複数個と、前記複数の光デバイスの各第1出射位置の各受光部をアレー状に一体化した第1アレー受光部と、前記第1アレー受光部の信号を配列した信号に変換する第1信号処理部と、各第2出射位置の各受光部をアレー状に一体化した第2アレー受光部と、前記第2アレー受光部の信号を配列した信号に変換する第2信号処理部で構成されることを特徴とする集積光デバイス。

【請求項13】 請求項10に記載の光デバイスの複数個と、前記複数の光デバイスの各入射位置の発光部をアレー状に一体化したアレー発光部と、前記アレー発光部の発光部数の信号を配列した信号を前記各入射部へ入力する信号に変換する入力信号処理部と、前記複数の光デバイスの各第1出射位置の受光部をアレー状に一体化した第1アレー受光部と、前記第1アレー受光部の信号を配列した信号に変換する第1信号処理部と、各第2出射位置の受光部をアレー状に一体化した第2アレー受光部と、前記第2アレー受光部の信号を配列した信号に変換する第2信号処理部で構成されることを特徴とする集積光デバイス。

【請求項14】 厚さ方向に屈折率が変化するシート状の多モード光伝送路と、前記シート状光伝送路の光が入出力する第1面上の、少なくともひとつの入射光を入射させる第1入射部と、少なくともひとつの出射光を受光する第1出射部と、前記第1面に平行に対向する第2面上の、少なくともひとつの出射光を受光する第2出射部と、少なくともひとつの入射光を入射させる第2入射部で構成され、前記入射光がシート状の多モード光伝送路の幅方向に励起する多モードの伝搬方向に沿ったモード分散によって、前記出射光を発生することを特徴とする光デバイス。

【請求項 15】 前記シート状の多モード光伝送路長（ L ）が、前記入射光がシート状の多モード光伝送路の幅方向に励起する多モードの第 0 次モードと第 1 次モードの伝搬定数差の関数となることを特徴とする請求項 14 に記載の光デバイス。

【請求項 16】 前記シート状の多モード光伝送路は一定厚みの直角四角形形状を有し、前記シート状の多モード光伝送路長（ L ）が、前記シート状の多モード光伝送路の幅方向の基本モード幅（ W_0 ）と前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向の最大屈折率（ n_0 ）と前記入射光の波長（ λ ）の関数となることを特徴とする請求項 14 に記載の光デバイス。

【請求項 17】 前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向の屈折率分布が、中央部分で極大となることを特徴とする請求項 14～16 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 18】 前記第 1 入射部および前記第 1 出射部はシート状の多モード光伝送路の第 1 面に接して前記シート状の多モード光伝送路の幅方向にそれぞれアレー状に並ぶ発光部および受光部で構成され、前記第 2 入射部および前記第 2 出射部はシート状の多モード光伝送路の前記第 2 面に接して前記シート状の多モード光伝送路の幅方向にアレー状に並ぶ発光部および受光部で構成されることを特徴とする請求項 14～16 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 19】 前記シート状の多モード光伝送路の第 1 面において幅方向に並んだ、少なくともひとつの入射光を入射させる第 1 入射部と、少なくともひとつの出射光を出射させる第 1 出射部と、前記第 1 面上の入射位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の第 2 面上の平行位置に出射する出射光を受光する第 2 出射部と、前記第 1 面上の出射位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の第 2 面上の平行位置に入射する入射光を入射する第 2 入射部で構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $8 \times n_0 \times W_0^2 / 3 / \lambda$ の整数倍であることを特徴とする請求項 14～16 のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項 20】 前記シート状の多モード光伝送路の第 1 面において幅方向に並んだ、少なくともひとつの入射光を入射させる第 1 入射部と、少なくともひとつの入射光を出射させる第 1 出射部と、前記第 1 面上の入射位置の幅方向の中心

位置に対する対称位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の出射面上の平行位置に出射する出射光を受光する第2出射部と、前記第1面上の出射位置の幅方向の中心位置に対する対称位置と光軸方向に対して前記シート状光伝送路の第2面上の平行位置に入射する入射光を入射する第2入射部で構成され、前記シート状の多モード光伝送路長がほぼ $4 \times n_0 \times W_0^2 / 3 / \lambda$ の奇数倍であることを特徴とする請求項14～16のいずれかに記載の光デバイス。

【請求項21】 請求項19に記載の光デバイスの複数個と、前記複数個の光デバイスの第1面の各入射位置の発光部をアレー状に一体化した第1アレー発光部と、第1面の各受光位置の受光部をアレー状に一体化した第1アレー受光部と、前記第1アレー発光部の発光部数の信号を配列した信号を前記各発光部へ入力する信号に変換する第1入力信号処理部と、前記第1アレー受光部の各受光部の信号を配列した信号に変換する第1出力信号処理部と、前記第1面と対向する第2面の各入射位置の発光部をアレー状に一体化した第2アレー発光部と、第2面の各受光位置の受光部をアレー状に一体化した第2アレー受光部と、前記第2アレー発光部の発光部数の信号を配列した信号を前記各発光部へ入力する信号に変換する第2入力信号処理部と、前記第2アレー受光部の各受光部の信号を配列した信号に変換する第2出力信号処理部で構成されることを特徴とする集積光デバイス。

【請求項22】 請求項20に記載の光デバイスの複数個と、前記複数個の光デバイスの第1面の各入射位置の発光部をアレー状に一体化した第1アレー発光部と、第1面の各受光位置の受光部をアレー状に一体化した第1アレー受光部と、前記第1アレー発光部の発光部数の信号を配列した信号を前記各発光部へ入力する信号に変換する第1入力信号処理部と、前記第1アレー受光部の各受光部の信号を配列した信号に変換する第1出力信号処理部と、第2面の各入射位置の発光部をアレー状に一体化した第2アレー発光部と、第2面の各受光位置の受光部をアレー状に一体化した第2アレー受光部と、前記第2アレー発光部の発光部数の信号を配列した信号を前記各発光部へ入力する信号に変換する第2入力信号処理部と、前記第2アレー受光部の各受光部の信号を配列した信号に変換する第2出力信号処理部で構成されることを特徴とする集積光デバイス。

【請求項 23】 請求項 1～3 のいずれかに記載のシート状の多モード光伝送路の長さの異なる複数個を、厚さ方向に垂直な各シート状の多モード光伝送路の少なくとも入射面もしくは出射面を揃えて厚さ方向に長さ順に積層した積層多モード光伝送路と、前記各シート状の多モード光伝送路の入射面と出射面に光を入出力する入射部および出射部で構成されることを特徴とする光デバイス。

【請求項 24】 請求項 14～16 のいずれかに記載のシート状の多モード光伝送路の長さの異なる複数個を、厚さ方向に垂直な各シート状の多モード光伝送路の第 1 面を揃えて厚さ方向に長さ順に積層した積層多モード光伝送路と、前記長さの異なる各シート状の多モード光伝送路の第 1 面に対向する前記各シート状の多モード光伝送路の第 2 面と、前記各シート状の多モード光伝送路第 1 面と第 2 面に光を入出力する入射部および出射部で構成されることを特徴とする光デバイス。

【請求項 25】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面および出射面が厚さ方向に対して約 45 度傾き、入射光および出射光が前記約 45 度傾斜面と反対の厚さ方向から前記約 45 度傾斜面へ入出力されることを特徴とする請求項 1 又は 14 に記載の光デバイス。

【請求項 26】 前記シート状の多モード光伝送路の入射面および出射面近傍のシート状の多モード光伝送路の厚さ方向に垂直な面近傍に、それぞれプリズムを設け、前記各プリズムに入射光および出射光を入出力することを特徴とする請求項 1 又は 14 に記載の光デバイス。

【請求項 27】 前記シート状の多モード光伝送路が、厚さ方向に複数の固有モードを有することを特徴とする請求項 1 又は 14 に記載の光デバイス。

【請求項 28】 前記シート状の多モード光伝送路が、 $20\mu\text{m}$ 以上の厚さを有することを特徴とする請求項 27 に記載の光デバイス。

【請求項 29】 前記シート状の多モード光伝送路が厚さ方向に対して少なくともひとつの曲がりをも有することを特徴とする請求項 1 又は 14 に記載の光デバイス。

【請求項 30】 前記シート状の多モード光伝送路の光が入出力する第 1 面と前記第 1 面と対向する第 2 面が光軸に対して捩れを有することを特徴とする請求

項 1 又は 14 に記載の光デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に高速マルチモード光伝送分野に用いられる光分岐器や光データバスなど、シート状伝送路型光デバイスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のマルチモード光伝送に用いられる光デバイスは、屈折率が均質のシート状導光媒体と、前記の導光媒体の入射端面に光を入力する入射部と、前記入射光が前記導光媒体内で厚さ方向と幅方向の全反射を繰り返し到達する対向面から出射する拡散出射光を受光面積分だけ受光する受光部で構成されている（例えば、特許文献 3 参照）。

【0003】

また、前記入射端面に光拡散層を設けて短距離で効率良く光が前記シート状導光媒体に拡散するようにしたものもある（例えば、特許文献 2 参照）。

【0004】

また、前記シート状導光媒体の厚さ方向に中心で最大屈折率を有し、中心から離れるに従って屈折率低下するように屈折率を分布させ、厚さ方向の屈折の変化によりモード分散を低減するものもある（例えば、特許文献 1 参照）。

【0005】

一方、従来のシングルモード光伝送に用いられる光デバイスは、入力シングルモード導波路と出力シングルモード導波路を連結する幅方向にのみマルチモードを有する一定屈折率のマルチモード導波路で構成され、前記マルチモード導波路の形状は、前記マルチモード導波路の一定屈折率（ n ）と前記マルチモード導波路の幅方向の基本モード幅（ W_0 ）と波長（ λ ）と長さ（ L ）が特定のマルチモード干渉条件を満足するように決まる（例えば、特許文献 4、特許文献 5、特許文献 6、特許文献 7、特許文献 8、非特許文献 1 参照）。

【0006】

【特許文献1】

特開 2000-111738号公報 (第3図)

【特許文献2】

特開 2000-329962号公報 (第2図)

【特許文献3】

特開 2001-147351号公報 (第2図)

【特許文献4】

特開 2003-50330号公報 (第1図)

【特許文献5】

特開 2001-183710号公報 (第1図)

【特許文献6】

特開平 1-156703号公報 (第1図)

【特許文献7】

米国特許第4,087,159号明細書 (第1図)

【特許文献8】

米国特許第4,950,045号明細書 (第1図)

【非特許文献1】

Lucas B. Soldano and Eric C. M. Pennings, "Optical Multi-Mode Interference Device Based on Self-Imaging: Principles and Applications", Journal of Lightwave Technology, Vol.13, No.4, April 1995.

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献1および特許文献2の従来の方法では、入射光が一定屈折率のシート状導光媒体内において厚さ方向と幅方向に全反射して伝播するので、各拡散する光の前記シート状導光媒体内での経路によって光路長差ができ、出射端への到達時間差が生じる(モード分散)ため、一般的なパルス光の広がりが伝送速度を制限する(高速伝送ができない)。

【0008】

また、特許文献3の従来の方法は、厚さ方向に屈折率分布を持たせて厚さ方向

のモード分散を無くしているが、幅方向は一定屈折率のため横方向のモード分散が生じ、同様に高速伝送できない。なお、特許文献1、2、3は、幅方向に広がった光を受光するため透過ロスが大きい。

【0009】

一方、特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、および非特許文献1の従来の方法では、一定屈折率でも厚さ方向がシングルモードの場合は高速伝送で分岐が可能であるが、広がり角度が大きい入射光やビーム径の大きな入射光に対しては入出力での結合が取れないため、全体のロスは大きい。また、軸ずれに対するロスの増加が大きいので、高度な結合精度が要求される。一方、一定屈折率で幅方向と同様に厚さ方向もマルチモードの場合は、広がり角度が大きい入射光やビーム径の大きな入射光に対しての結合問題は解決するが、厚さ方向についてもモード分散が発生するので前記特許文献1および特許文献2と同様に高速伝送できない上、厚さ方向の軸ずれに対して前記厚さ方向に励起されるモード状態が変化するために伝搬距離で厚さ方向の光の強度分布が変化し、ロスとなって現れる。従って、厚さ方向に対して高精度の位置合わせが必要となる。ただし、厚さ方向についてもマルチモード干渉をうまく利用すれば厚さ方向についても分岐（幅方向と合わせて4分岐）などの有益な光制御は可能である。

【0010】

また、多モード導波路内の屈折率を一定にして発生するマルチモードの各モードのモード分散を積極的に利用する特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、および非特許文献1の目的と、厚さ方向に発生するマルチモードの各モードに対してモード分散を無くする特許文献3の目的は矛盾するものであるが、仮に、特許文献3と特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、および非特許文献1の組み合わせた場合を考える。

【0011】

特許文献3と特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、および非特許文献1の組み合わせた場合は、特許文献3のシート状導光媒体の屈折率が厚さ方向で分布すること、また、厚さ方向で幅方向の基本モード幅が異なるため、特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、お

よび非特許文献1のマルチモード導波路の形状が厚さ方向で異なることになる。
また、単なる組合せでは予想できない、厚さ方向の軸ずれ入射（軸ずれ角度を有する中心入射と中心からずれた入射）に対しても、幅方向においては出射状態が軸ずれ無しの場合と同じであるという特別な効果を有する。

【0012】

また、特許文献4、特許文献5、特許文献6、特許文献7、特許文献8、および非特許文献1の入力導波路と出力導波路が、厚さ方向にのみ屈折率分布を有する場合、コア形状をマルチモードに対応するように大きくすると、前記入力導波路と出力導波路は特許文献3単独と同様に、厚さ方向のモード分散は無いが、幅方向のモード分散が生じ、前記入力導波路と出力導波路において高速伝送が出来ない。

【0013】

本発明は、従来のマルチモード光伝送のように、モード分散による高速伝送障害の課題を考慮し、GI (Graded Index) 型石英光ファイバー (GI-50など) やGI型POF (Plastic Optical Fiber) などの高速伝送可能なマルチモード光ファイバーとロス無く結合可能であるだけでなく、レンズや回折格子などの光結合部品を使用せず光源と直接結合も可能で、マルチモード光伝送でもシングルモード光伝送と同程度の10Gbps程度の高速伝送を実現するマルチモード対応光デバイスを提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成するため本発明は、厚さ方向において、中心で最大となり、前記中心から離れるに従って屈折率が変化低下する屈折率分布を有し、厚さ方向の垂直方向には屈折率が一定であるシート状の多モード光伝送路と、前記シート状の多モード光伝送路の入射面に少なくともひとつの入射光を入射させる入射部と、前記シート状光伝送路の出射面から少なくともひとつの出射光を受光する出射部で構成され、前記入射光がシート状の多モード光伝送路の幅方向に励起する多モードの伝搬方向に沿ったモード分散によって所望の出射光状態を実現するように前記シート状の多モード光伝送路の形状を決める。近似的に、前記多モード光

伝送路の長さ (L) は、前記シート状の多モード光伝送路の幅方向の基本モード幅 (W_0)、前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向の最大屈折率 (n_0)、および前記入射光の波長 (λ) から求められる。

【0015】

このように、厚さ方向に屈折率分布を設けることで、入射光が前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向にマルチモードを励振する場合であっても、前記厚さ方向の各モードの伝播定数を基本モードに合わせることができる（モード分散を無くすることができる）。

【0016】

また、前記厚さ方向の中心での断面形状を前記断面上を伝搬する前記厚さ方向の基本モードの幅方向のマルチモード干渉（モード分散）を利用して所望の機能を実現するように決め、前記厚さ方向の全断面形状を同形状とすることで、前記厚さ方向の前記基本モードと伝搬定数が等しい前記厚さ方向の各モードについても前記幅方向のマルチモード干渉により前記基本モードと同様の機能を有することになる。そして、シート状の多モード光伝送路の出射端での厚さ方向の各モードが所望の機能（例えば、分岐）を実現するので、前記各モードを重ね合わせた出射光は入射光に対して所望の機能を作用したものとなる。すなわち、前記所望の機能を実現する幅方向についてはモード分散が有るにもかかわらず、結果的に出射光はモード分散が起因する信号波形の乱れを受けずに分岐などの機能を有するので、あたかも前記厚さ方向と前記幅方向の両方向についてモード分散の影響が無い場合と等価の振る舞いをする。従って、前記シート状の多モード光伝送路の厚さ方向にマルチモードを励振するような場合であっても高速伝送で分岐などの機能を実現することができる。

【0017】

さらに、コア径の大きなマルチモード伝送路であるため、一般的な軸ずれに対するロスの増加は小さく、結合に関してシングルモード光通信のような高度な結合精度は要求されない。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、本発明は下記の実施の形態に限定されるものではない。また、本発明は、下記の実施の形態をそれぞれ組み合わせたものも含む。

【0019】

(実施の形態1)

本願の実施の形態1である光2分岐の構成概要図を図1(a)に、中心線上断面内での入射状態別の光伝搬経路を図1(b)に、2分岐のBPM(Beam Propagation Method)シミュレーション結果を図18に示す。

【0020】

本願の実施の形態1は、図1(a)に示すように、厚さ方向の中心に最大屈折率(n_0)を有し、前記中心から離れるに従って屈折率が低下する厚さ方向の屈折率分布を有し、前記厚さ方向以外には一定の屈折率を有する屈折率分布スラブ導波路1と、前記屈折率分布スラブ導波路1の入射面2において幅方向の中心位置に入射光7を入射させる入射部(図示せず)と、前記屈折率分布スラブ導波路1の出射面3において、幅方向の中心に対して対称位置の2個の出射光8を受光する出射部(図示せず)で構成され、前記屈折率分布スラブ導波路長(L)は、ほぼ $n_0 \times W_0^2 / \lambda / 2$ で、前記2個の出射光8の出射位置間隔(D)は、ほぼ $W_0 / 2$ である。ただし、 $L = n_0 \times W_0^2 / \lambda / 2$ 以降は $n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の長さ毎に同様の出力が繰り返されるので、 $L = n_0 \times W_0^2 / \lambda / 2$ の奇数倍とすることで、前記スラブ導波路長を調節することができる。ただし、図1(a)中の濃淡が屈折率の高低を示し、濃い程屈折率が高いことを示す。

【0021】

たとえば、図1(a)に示す屈折率分布スラブ導波路1の厚さ方向の中心の最大屈折率(n_0)=約1.5、光源波長(λ)=1.30 μm 、前記屈折率分布スラブ導波路の幅(W)=400 μm 、前記屈折率分布スラブ導波路の厚さ(D)=50 μm とする。前記屈折率分布スラブ導波路の幅方向の基本モードの幅(W_0)は、前記屈折率分布スラブ導波路周囲の屈折率(n_1)に依存するが、周囲が空気($n_1=1$)の場合は、 $W_0=400.16\mu\text{m}$ となるので、前記屈折率分布スラブ導波路の最低長(L)=約92,400 μm となる。そして、出射光の出

射位置間隔 (D) = 200.08 μm となる。この時のBPMシミュレーション結果は、図18に示すように、1個の中心入射した入射光が伝搬方向に沿って多モード干渉しながら5分岐、4分岐、3分岐と変化し、最終的には出射端面で設計通り2分岐となる様子がわかる。

【0022】

また、前記屈折率分布スラブ導波路1の厚さ方向の屈折率 (n) は、例えば、(数1)に示すように前記屈折率分布スラブ導波路の厚さ方向の中心に位置する屈折率の極大点 (n_0) と前記極大点から厚さ方向に離れる距離 (r) と屈折率分布定数 ($A^{1/2}$) で表される。

【0023】

【数1】

$$n = n_0 \left(1 - A \frac{r^2}{2} \right)$$

【0024】

屈折率分布定数は、前記屈折率分布スラブ導波路中を伝搬する光が前記屈折率分布スラブ導波路の膜厚から外へ出ないように、前記屈折率分布スラブ導波路の膜厚と入射光のプロファイルに応じて最適化する。例えば、前記屈折率分布スラブ導波路の膜厚を考慮して、入射光の広がり角度が大きい場合は、前記屈折率分布定数を大きく、入射光の広がり角度が小さい場合は、前記屈折率分布定数は大きくなくても良い。また、入射光のビーム径に合わせて前記屈折率分布スラブ導波路の膜厚を調整すると結合ロスの低減できる。なお、屈折率分布は(数1)に示すような連続でなくてもよく、中心からの距離の関数として階段状に変化しても問題無い。

【0025】

次に、前記屈折率分布スラブ導波路の入射端に対称中心入射光を入射した時に、出射端で2分岐するメカニズムを、厚さ方向の屈折率の分布を感じない (i) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光の場合と、厚さ方向の屈折率の分布を感じる (ii) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光以外、すなわち、軸ずれ角度を有する中心入射光、あるいは、中心からの位置ずれ (軸ずれ) 入射光の場合の2個の場合に分

けて説明する。

【0026】

まず、屈折率分布スラブ導波路の (i) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光の振る舞いは、実質的に最大屈折率 n_0 しか感じないので、非特許文献 1 において一定屈折率を n_0 とした場合と等価である。従って、屈折率分布スラブ導波路の厚さ方向の中心軸上を伝搬する光は、非特許文献 1 に記載のように、入射光は前記屈折率が n_0 で一定のスラブ導波路の幅方向に励起する多モードの伝搬方向に沿ったモード分散によって前記スラブ導波路の出射光状態が前記スラブ導波路の長さで変化する。ただし、出射光状態の変化とは、入射光と同じ像の数と出射位置が変化することである。このような多モード干渉 (MMI: Multi-Mode Interference) を利用したデバイスは、幅方向の入射位置に応じて、主に下記 (1) (2) の機能を有する。

【0027】

(1) 非対称入射:

一定屈折率 n のスラブ導波路の幅方向において、中心から x だけずれた入射光に対して、入射光と同じプロファイルの出射光が、下記の (数 2) ~ (数 8) に示すように前記スラブ導波路の長さ (L) に応じて位置と数を変化させて出射面から出射する。ただし、 p 、 N : 整数である。また、整数 p は $(P \pm 1/N)$ が正となる整数である。

【0028】

(1-1)

【0029】

【数 2】

$$L = p \frac{8nW_0^2}{\lambda}$$

【0030】

幅方向において、入射位置と平行な位置へ出射。

【0031】

(1-2)

【0032】

【数3】

$$L = (2p+1) \frac{4nW_0^2}{\lambda}$$

【0033】

幅方向において、入射位置の中心に対する対称位置と平行な位置へ出射。

【0034】

(1-3)

【0035】

【数4】

$$L = \left(p \pm \frac{1}{N} \right) \frac{4nW_0^2}{\lambda}$$

【0036】

幅方向において、入射位置と平行な位置と、入射位置の中心に対する対称位置と平行な位置の、N個の出射位置へ出射。

【0037】

なお、入射光が2個で、入射位置がそれぞれ中心から約 $\pm W_0/6$ ずれている場合は、上記長さ(L)は下記のように上記長さに対して1/3の長さとなる。

【0038】

(1-1) ‘

【0039】

【数5】

$$L = p \frac{8nW_0^2}{3\lambda}$$

【0040】

(1-2) ‘

【0041】

【数 6】

$$L = (2p+1) \frac{4nW_0^2}{3\lambda}$$

【0042】

(1-3) ‘

【0043】

【数 7】

$$L = \left(p \pm \frac{1}{N} \right) \frac{4nW_0^2}{3\lambda}$$

【0044】

(2) 対称中心入射:

【0045】

【数 8】

$$L = \left(p \pm \frac{1}{N} \right) \frac{nW_0^2}{\lambda}$$

【0046】

幅方向において、中心対称にN個の出射光が各 W_0/N の間隔で出射。

【0047】

なお、複数個の入射光が有る場合は、各入射光について個別に出射光を求め、対応する出射光を重ね合わせればよい。

【0048】

上記説明から屈折率分布スラブ導波路の厚さ方向の中心軸上を伝搬する光に関しては、上記(2)のスラブ導波路において、屈折率 $(n) = n_0$ 、 $N=2$ とした場合に当たるので、入射光は出射端で2分岐される。

【0049】

一方、厚さ方向の屈折率の分布を感じる(ii)厚さ方向の中心軸上を伝搬する光以外は、厚さ方向の屈折率分布の影響を受けるので、図1(b)に示すように、中心軸に沿って厚さ方向に蛇行しながら伝播する。すなわち、中心軸から離れる方向へ進む光は常に相対的に屈折率の大きい部分から小さい部分へ進むので、

進むにつれて徐々に進行方向と厚さ方向のなす角度が大きくなり、中心軸から最も離れた位置で 90° なる。また、中心軸へ近づく方向へ進む光は常に相対的に屈折率が小さい部分から大きい部分へ進むので、進むにつれて徐々に進行方向と厚さ方向のなす角度が小さくなり、中心軸と交差する位置で最小となる。蛇行しながらも感じる屈折率は常に最大屈折率 n_0 よりも小さいので、前記 (i) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光よりも速度は早くなり、特に、(数1) に示す2次関数の屈折率分布を有する場合には、前記 (ii) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光以外光の伝搬速度の中心軸方向成分は、前記厚さ方向の屈折率の分布を感じない

(i) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光の伝搬速度と等しい(厚さ方向のモード分散無し)。従って、前記蛇行する光の厚さ方向に垂直な方向成分に関しては、前記厚さ方向の屈折率の分布を感じない (i) 厚さ方向の中心軸上を伝搬する光と同様の振る舞いをする。以上の結果から、厚さ方向に蛇行する光も (i) の場合と同じスラブ導波路形状で2分岐する。ただし、前記厚さ方向に蛇行する光の厚さ方向の速度成分は、蛇行する光の伝播位置で変化するので出射端での出射光の厚さ方向成分の状態は特定できないが、厚さ方向に垂直な成分は中心軸に沿っては2分岐される。前記2分岐は前記幅方向のマルチモード干渉(モード分散)により起こるが、結果的に各2個の出射光はモード分散が起因する信号波形の乱れを受けないので、あたかも前記幅方向についてもモード分散の影響が無い場合と等価の振る舞いをする。従って、前記2個の出射光は、それぞれ入射光と同じ像を有することになる。

【0050】

上記の説明のように、前記屈折率分布スラブ導波路の厚さ方向の全ての固有モードについて等しく2分岐するので、前記幅方向の中心位置に入射すれば、入射光が厚さ方向の中心からの位置ずれや大きな広がり角度を有している場合であっても2分岐として機能する。

【0051】

なお、幅方向の中心からの位置ずれは出射光の分岐比のアンバランスの原因となるので、できるだけ位置ずれが無い方が良いが、位置ずれを積極的に利用して分岐比の調整をすることができる。

【0052】

(実施の形態2)

本願の実施の形態2である光8分岐の構成概要図を図2に示す。

【0053】

本願の実施の形態2は、図2に示すように、厚さ方向の中心に最大屈折率 (n_0) を有し、前記中心から離れるに従って屈折率が低下する厚さ方向の屈折率分布を有する屈折率分布スラブ導波路1と、前記屈折率分布スラブ導波路1の入射面2において幅方向の中心位置に入射光7を入射させる入射部 (図示せず) と、前記屈折率分布スラブ導波路1の出射面に近接して幅方向の中心に対して対称位置の8個の出射光8を受光する受光部20と、前記受光部で受光した光を電気信号に変換するアレーO/E変換部21と、前記アレーO/E変換部21の電気出力信号を外部へ取り出す出力電気線 (バス) 22で構成され、前記屈折率分布スラブ導波路長 (L) は、ほぼ $n_0 \times W_0^2 / \lambda / 8$ で、前記8個の出射光8の出射位置間隔 (D) は、ほぼ $W_0 / 8$ である。ただし、(数9) の長さで同様の現象が現れるので、前記スラブ導波路長を用途に応じて調節することができる。

【0054】

【数9】

$$L = \left(p \pm \frac{1}{8} \right) \frac{n W_0^2}{\lambda} \quad (p: \text{整数})$$

【0055】

なお、8分岐のメカニズムおよび、高速伝送であっても厚さ方向と幅方向で光信号波形の乱れが無いメカニズムは、前記実施の形態1と同様である。

【0056】

(実施の形態3)

本願の実施の形態3である2信号光ストレートシートバスの構成概要図を図3に、8信号光ストレートシートバスの構成概要図を図4に示す。

【0057】

本願の実施の形態3の2信号光ストレートシートバスは、図3に示すように、厚さ方向の中心に最大屈折率 (n_0) を有し、前記中心から離れるに従って屈折

率が低下する厚さ方向の屈折率分布を有する屈折率分布スラブ導波路 1 と、前記屈折率分布スラブ導波路 1 の入射面 2 において幅方向の任意の位置に第 1 光 3 8 (波長: λ) を入射させる第 1 発光部 3 0 と、前記第 1 光と同波長の第 2 光 3 9 を入射させる第 2 発光部 3 1 と、外部の電気信号を伝送する入力電気線 (バス) 3 3 と、前記外部電気信号を前記第 1 発光部 3 0 と第 2 発光部 3 1 の光信号に変換するアレー E/O 変換部 3 2 と、出射面上の前記第 1 発光部 3 0 と平行な位置に配置する第 1 受光部 3 4 と、出射面上の前記第 2 発光部 3 1 と平行な位置に配置する第 2 受光部 3 5 と、前記第 1 受光部 3 4 と第 2 受光部 3 5 の光信号を電気信号に変換するアレー O/E 変換部 3 6 と、前記電子信号を外部へ取り出す出力電気線 (バス) 3 7 で構成され、前記屈折率分布スラブ導波路長 (L) は、ほぼ $8 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ で、前記第 1 発光部 3 0 と第 2 発光部 3 1 の幅方向の位置は任意でよい。

【0058】

ただし、 $8 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の長さ毎に同様の出力が繰り返されるので、 L を $8 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の整数倍とすることで、前記スラブ導波路形状を調節することができる。

【0059】

このように、MMI を利用することで、2 個の光信号を伝送するのに個別の光導波路を用意する必要が無く、1 個の屈折率分布スラブ導波路 1 で独立して伝送することができる。

【0060】

また、8 信号光ストレートシートバスの構成は図 4 に示すように、図 3 の屈折率分布スラブ導波路 1 の入射側の同波長の 8 個の発光部と前記 8 個の発光部と平行な位置に同数の受光部を配置すればよい。

【0061】

なお、複数の入射光が独立して出射端の平行位置に現れる原理は、実施の形態 1 の説明の (1) 非対称入射の (数 3) で入射光を複数にした場合に相当する。

【0062】

(実施の形態 4)

本願の実施の形態 4 である 2 信号光クロスシートバスの構成概要図を図 5 に、8 信号光クロスシートバスの構成概要図を図 6 に示す。

【0063】

本願の実施の形態 4 の 2 信号光クロスシートバスは、図 5 に示すように、厚さ方向の中心に最大屈折率 (n_0) を有し、前記中心から離れるに従って屈折率が低下する厚さ方向の屈折率分布を有する屈折率分布スラブ導波路 1 と、前記屈折率分布スラブ導波路 1 の入射面 2 において幅方向の任意の位置に第 1 光 38 (波長: λ) を入射させる第 1 発光部 30 と、前記第 1 光と同波長の第 2 光 39 を入射させる第 2 発光部 31 と、外部の電気信号を伝送する入力電気線 (バス) 33 と、前記外部電気信号を前記第 1 発光部 30 と第 2 発光部 31 の光信号に変換するアレー E/O 変換部 32 と、前記第 1 発光部 30 と幅方向の中心の対称位置と平行な出射面上に位置に配置する第 1 受光部 34 と、前記第 2 発光部 31 と幅方向の中心の対称位置と平行な出射面上に位置に配置する第 2 受光部 35 と、前記第 1 受光部 34 と第 2 受光部 35 の光信号を電気信号に変換するアレー O/E 変換部 36 と、前記電子信号を外部へ取り出す出力電気線 (バス) 37 で構成され、前記屈折率分布スラブ導波路長 (L) は、ほぼ $4 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ で、前記第 1 発光部 30 と第 2 発光部 31 の幅方向の位置は任意でよい。

【0064】

ただし、 $8 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の長さ毎に同様の出力が繰り返されるので、 L を $4 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の奇数倍とすることで、前記スラブ導波路形状を調節することができる。

【0065】

このように、MMI を利用することで、2 個の光信号を伝送するのに個別の光導波路を用意する必要が無く、また、前記 2 個の光導波路を立体的に交差させる必要も無く、前記 1 個の屈折率分布スラブ導波路 1 で各光信号をクロスして伝送することができる。

【0066】

また、8 信号光クロスシートバスの構成は図 6 に示すように、図 5 の屈折率分布スラブ導波路 1 の入射側の同波長の 8 個の各発光部と幅方向の中心の対称位置

と平行な出射面上の位置に同数の各受光部を配置すればよい。

【0067】

なお、複数の入射光が独立して出射端の平行位置に現れる原理は、実施の形態 1 の説明の (1) 非対称入射の (数 4) で入射光を複数にした場合に相当する。

【0068】

(実施の形態 5)

本願の実施の形態 5 である 2 光信号加算分岐の構成概要図を図 7 に示す。

【0069】

本願の実施の形態 5 の 2 光信号加算分岐は、図 7 に示すように、厚さ方向の中心に最大屈折率 (n_0) を有し、前記中心から離れるに従って屈折率が低下する厚さ方向の屈折率分布を有する屈折率分布スラブ導波路 1 と、前記屈折率分布スラブ導波路 1 の入射面 2 において幅方向の中心に対して対称な位置に配置した第 1 光 38 (波長: λ) を入射させる第 1 発光部 30 と前記第 1 光と同波長の第 2 光 39 を入射させる第 2 発光部 31 と、外部の電気信号を伝送する入力電気線 (バス) 33 と、前記外部電気信号を前記第 1 発光部 30 と第 2 発光部 31 の光信号に変換するアレー E/O 変換部 32 と、出射面において前記第 1 発光部 30 と平行位置に配置する第 1 受光部 34 と、出射面において前記第 2 発光部 31 と平行位置に配置する第 2 受光部 35 と、前記第 1 受光部 34 と第 2 受光部 35 の光信号を電気信号に変換するアレー O/E 変換部 36 と、前記電子信号を外部へ取り出す出力電気線 (バス) 37 で構成され、前記屈折率分布スラブ導波路長 (L) は、ほぼ $2 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ である。

【0070】

ただし、下記に示す (数 10) の長さで同様の出力が繰り返されるので、用途に応じて前記スラブ導波路長を調節することができる。

【0071】

【数 10】

$$L = \left(p \pm \frac{1}{N} \right) \frac{4nW_0^2}{\lambda} \quad (p: \text{整数})$$

【0072】

このように、MMI を利用することで、2 個の光信号をそれぞれ 2 分岐して、分岐した信号を加算した状態で出射側の 2 個の受光部へ出力することができる。

【0073】

なお、複数の入射光が独立して出射端の平行位置に現れる原理は、実施の形態 1 の説明の (1) 非対称入射の (数 4) で入射光を複数にした場合に相当する。

【0074】

(実施の形態 6)

本願の実施の形態 6 である光スイッチの片側制御構造の構成概要図を図 8 (a) に、両側制御構造の構成概要図を図 8 (b) に示す。

【0075】

本願の実施の形態 6 の片側制御型光スイッチは、図 8 (a) に示すように、厚さ方向の中心に最大屈折率 (n_0) を有し、前記中心から離れるに従って屈折率が低下する厚さ方向の屈折率分布を有する熱光学効果の大きなポリマー製の屈折率分布スラブ導波路 1 と、前記屈折率分布スラブ導波路 1 の入射面 2 において幅方向の中心から位置ずれ入射させる入射光 84 と、前記屈折率分布スラブ導波路 1 を幅方向の中心で 2 分した場合の前記入射光位置を含まない第 2 部分スラブ導波路 83 の上面に設置して前記第 2 部分スラブ導波路 83 のみの屈折率を温度で制御する冷熱シート 85 と、前記冷熱シート 85 を制御して前記第 2 部分スラブ導波路 83 の温度制御を行う温度制御部 87 と、前記冷熱シート 85 と前記温度制御部 87 を電氣的に結合する制御線 86 と、前記第 2 部分スラブ導波路 83 の屈折率を変化させないスイッチ OFF 時に、前記入射光 84 の幅方向の中心に対して対称な位置と平行な出射面上の位置に出射する出射光 88 を受光する第 1 受光部 (図示せず) と、前記第 2 部分スラブ導波路 83 の屈折率を低下させるスイッチ ON 時に、前記入射光 84 と平行な出射面上の位置に出射する出射光 89 を受光する第 2 受光部 (図示せず) で構成され、前記屈折率分布スラブ導波路長 (L) は、ほぼ $4 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ である。

【0076】

ただし、 $8 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の長さ毎に同様の出力が繰り返されるので、 L を $4 \times n_0 \times W_0^2 / \lambda$ の奇数倍とすることで、前記スラブ導波路形状を調節するこ

とができる。

【0077】

次に、上記構造で光進路方向を変化させる光スイッチのメカニズムを説明する。スイッチOFF時、中心から軸ずれした入射光が出射端で平行位置と幅方向の中心に対して対称な位置に現れる原理は、それぞれ実施の形態1で説明したように、実施の形態1の説明の(1)非対称入射の(数4)に対応する。スイッチON時には、前記入射光位置を含まない第2部分スラブ導波路83の屈折率が相対的に前記入射光位置を含む第1部分スラブ導波路82の屈折率よりも低下するので、第1部分スラブ導波路82側に入射した入射光は第2部分スラブ導波路83と第1部分スラブ導波路82の境界面での全反射により出射端まで第1部分スラブ導波路82に閉じ込められる。このように、スイッチON時には、第1部分スラブ導波路82と第2部分スラブ導波路83が光導波路のコアとクラッドの関係となる。なお、屈折率を変化させる部分を前記第1部分スラブ導波路82側のみとする場合は、スイッチON時に前記第1部分スラブ導波路82の屈折率が高くなるように設定すると、同様に第1部分スラブ導波路82と第2部分スラブ導波路83が光導波路のコアとクラッドの関係となる。

【0078】

また、前記第1部分スラブ導波路82と前記第2部分スラブ導波路83の両方の屈折率を積極的に制御してスイッチング速度を高めるためには、図8(b)に示すように、前記第1部分スラブ導波路82と前記第2部分スラブ導波路83の両方に冷熱シートを設け、双方の温度を逆相関係で制御すればよい。

【0079】

なお、上記の説明では、熱光学効果の大きなポリマーを使用して屈折率制御を行う例を示したが、電気光学効果など、前記第1部分スラブ導波路82と前記第2部分スラブ導波路83のそれぞれの屈折率を個別に変化させる方法であれば何でも良い。

【0080】

(実施の形態7)

本願の実施の形態7である光スイッチアレーの構成概要図を図9に示す。

【0081】

本願の実施の形態7の光スイッチアレーは、図9に示すように、実施の形態6に記載の光スイッチ（図8（b））を屈折率分布スラブ導波路1の厚さ方向に第1光スイッチ90から第8光スイッチ91まで積層した積層光スイッチと、前記積層光スイッチの各光スイッチの屈折率分布スラブ導波路の各入射面において幅方向の中心から位置ずれ入射させる第1入射光から第8入射光までの8個の入射光で構成されるアレー入射光92と、前記積層光スイッチの各光スイッチの屈折率分布スラブ導波路の出射端に位置する第1光スイッチの第1受光部93から第8光スイッチの第1受光部93までの8個の第1受光部で構成される第1アレーO/E変換部95と、前記各スイッチの出射端に位置する第1光スイッチの第2受光部94から第8光スイッチの第2受光部94までの8個の第2受光部で構成される第2アレーO/E変換部96と、前記第1アレーO/E変換部95の各スイッチの電気信号を外部へ伝送する第1出力電気線（バス）97と、前記第2アレーO/E変換部96の各スイッチの電気信号を外部へ伝送する第2出力電気線（バス）98とで構成される。

【0082】

各スイッチの原理は実施の形態6に示した通りなので省略するが、各スイッチを制御する制御部は、前記各スイッチを連携させて前記第1アレーO/E変換部95と前記第2アレーO/E変換部96において、各受光部で受光した場合は1信号を、受光しない場合は0信号に変換すると、前記制御部によって前記第1アレーO/E変換部95と前記第2アレーO/E変換部96を通して互いに反対の8桁のデジタル信号を作製することができる。

【0083】

なお、前記アレー入射光92は、例えば実施の形態2に示した8分岐器により作製する構成でも良い。また、積層スイッチの各スイッチ間に空気などの断熱材料や絶縁体を設けても良い。

【0084】

（実施の形態8）

本願の実施の形態8である1対ストレート双方向光バスの構成概要図を図10

に、4対ストレート双方向光バスの構成概要図を図11に示す。

【0085】

本願の実施の形態8の1対ストレート双方向光バスは、図10に示すように、実施の形態3のストレート光バス（図3）の屈折率分布スラブ導波路1を幅方向に2分し、双方の光伝送方向を逆にしたものである。すなわち、実施の形態3において、第2発光部31を第1受光部101に、第2受光部35を第2発光部105にそれぞれ置き換え、第1入力電気信号を前記第1発光部から入射する第1光102に変換する第1E/O変換部106と、前記第1受光部101で受光する光を電気信号に変換する第1O/E変換部107と、第2入力電気信号を前記第2発光部105から入射する第2光103に変換する第2E/O変換部109と、前記第2受光部104で受光する光を電気信号に変換する第2O/E変換部108で構成されたものである。ただし、前記第1発光部100と第1発光部101の幅方向の位置は任意でよい。

【0086】

このように、MMIは入出力を逆転させても可逆的に光は進行するので、双方向の2個の光信号を伝送するのに個別の光導波路を用意する必要が無く、1個の屈折率分布スラブ導波路1で独立して双方向伝送することができる。

【0087】

また、4対ストレート双方向光バスの構成は図11に示すように、図10に示す1対ストレート双方向光バスの屈折率分布スラブ導波路1の左側面の同波長の4個の発光部をアレー状に並べた第1アレーE/O変換部110と、前記4個の各発光部と平行な右側面上の位置に同数の各受光部を並べた第1アレーO/E変換部112と、右側面の幅方向に同波長の4個の発光部をアレー状に並べた第2アレーE/O変換部113と、前記4個の各発光部と平行な左側面上の幅方向の位置に同数の各受光部を並べた第1アレーO/E変換部111で構成され、前記第1アレーE/O変換部110と前記第1アレーO/E変換部112と前記第2アレーE/O変換部113と前記第1アレーO/E変換部111はそれぞれアレー化した受光部および発光部の電気信号をまとめて外部とやり取りできる。

【0088】

(実施の形態 9)

本願の実施の形態 9 である 1 対クロス双方向光バスの構成概要図を図 12 に示す。

【0089】

本願の実施の形態 9 の 1 対クロス双方向光バスは、図 12 に示すように、実施の形態 4 のクロス光バス (図 5) の屈折率分布スラブ導波路 1 を幅方向に 2 分し、双方の光伝送方向を逆にしたものである。すなわち、実施の形態 4 において、第 2 発光部 31 を第 1 受光部 101 に、第 2 受光部 35 を第 2 発光部 105 にそれぞれ置き換え、第 1 入力電気信号を前記第 1 発光部 100 から入射する第 1 光 102 に変換する第 1 E/O 変換部 106 と、第 1 E/O 変換部 106 と同端面に配置する前記第 1 受光部 101 で受光する光を電気信号に変換する第 1 O/E 変換部 107 と、前記屈折率分布スラブ導波路 1 の幅方向において前記第 1 E/O 変換部 106 と同側で対向する端面に位置する第 2 入力電気信号を前記第 2 発光部 104 から入射する第 2 光 103 に変換する第 2 E/O 変換部 108 と、前記第 2 E/O 変換部 108 と同端面上で前記幅方向において前記第 1 O/E 変換部 107 と同側に位置する前記前記第 2 受光部 105 で受光する光を電気信号に変換する第 2 O/E 変換部 109 で構成されたものである。ただし、同端面上の前記第 1 発光部 100 と第 1 受光部 101 の幅方向の位置は任意でよい。

【0090】

このように、MMI は入出力を逆転させても可逆的に光は進行するので、双方向の 2 個の光信号をクロス伝送するのに個別の光導波路を立体的にクロス配線する必要が無く、1 個の屈折率分布スラブ導波路 1 で独立してクロス双方向伝送することができる。

【0091】

また、前記第 1 E/O 変換部 106 と前記第 1 O/E 変換部 107 と前記第 2 E/O 変換部 108 と前記第 1 O/E 変換部 109 の発光部と受光部を複数にしてアレー化すれば、実施の形態 8 と同様に 4 対クロス双方向光バスができる。

【0092】

(実施の形態 10)

本願の実施の形態 10 である 1 対ストレート双方向光バスアレーの構成概要図を図 13 に示す。

【0093】

本願の実施の形態 10 の 1 対ストレート双方向光バスアレーは、図 13 に示すように、実施の形態 8 の 1 対ストレート双方向光バス（図 10）を屈折率分布スラブ導波路 1 の厚さ方向に第 1 1 対ストレート双方向光バス 130 から第 8 1 対ストレート双方向光バス 131 までの 8 個の 1 対ストレート双方向光バスを積層した積層 1 対ストレート双方向光バスと、前記積層 1 対ストレート双方向光バスの各 1 対ストレート双方向光バスの屈折率分布スラブ導波路の左側端面において幅方向に発光部と受光部を並べ、第 1 1 対ストレート双方向光バス 130 の左側発光部から第 8 1 対ストレート双方向光バス 131 の左側発光部までの 8 個の左側発光部をアレー化した第 1 アレー E/O 変換部 132 と、第 1 1 対ストレート双方向光バス 130 の左側受光部から第 8 1 対ストレート双方向光バス 131 の左側受光部までの 8 個の左側受光部をアレー化した第 1 アレー O/E 変換部 133 と、前記各 1 対ストレート双方向光バスの左側端面の発光部および受光部のそれぞれと平行位置にある受光部および発光部を右側端面に並べ、第 1 1 対ストレート双方向光バス 130 の右側端面の受光部から第 8 1 対ストレート双方向光バス 131 の左側端面受光部までの 8 個の右側受光部をアレー化した第 2 アレー O/E 変換部 134 と、第 1 1 対ストレート双方向光バス 130 の右側端面発光部から第 8 1 対ストレート双方向光バス 131 の左側端面発光部までの 8 個の右側発光部をアレー化した第 2 アレー E/O 変換部 135 と、前記第 1 アレー E/O 変換部 132 と前記第 2 アレー E/O 変換部 135 へそれぞれ外部から電気信号を伝送する第 1 入力電気線（バス）136 と第 2 入力電気線（バス）138 と、前記第 1 アレー O/E 変換部 133 と前記第 2 アレー O/E 変換部 139 からそれぞれ外部へ電気信号を伝送する第 1 出力電気線（バス）137 と第 2 出力電気線（バス）139 で構成される。なお、前記各 1 対ストレート双方向光バス間には、空気などのスペーサーを設けると積層方向の曲率に対して柔軟になる。

【0094】

各 1 対ストレート双方向光バスの原理は実施の形態 8 に示した通りなので省略

するが、1対ストレート双方向光バスに代えて前記実施の形態9の1対クロス双方向光バスを積層しても良い。実施の形態8の1対ストレート双方向光バスと実施の形態9の1対クロス双方向光バスの2種類を積層した双方向光バスアレーも考えられるし、実施の形態8と実施の形態9の双方向光バスと実施の形態3と実施の形態4の光バスの複数種類の光バスを積層した複合光バスアレーも考えられる。

【0095】

(実施の形態11)

本願の実施の形態11である多層光バスの構成概要図を図14に示す。

【0096】

本願の実施の形態11の多層光バスは、図14に示すように実施の形態1～10で説明した少なくとも1種類の光バスを多層化したもので、積層方向に長さが異なるものである。すなわち、実施の形態1～実施の形態10のMMI原理を使用した光バスは、ある周期ごとに同様の効果が現れるので同種類の光バスでも異なる長さの光バスを作製することができる。また、機器や基板間あるいはチップ間の間隔は一定でないので各種長さに対応した光バスが必要である。実施の形態11のように、異なる長さの光バスを多層化して一体化することで、ある基板から距離の異なる複数の基板へ光伝送することが可能となる。このとき、前記ある基板には多層光バスの端面の揃った端面140を接続し、前記端面の揃った側への入出力には例えば実施の形態1の分岐器（結合器）を使用することも可能である。

【0097】

なお、上記実施の形態1～11では、光バスへの入出力方法として端面垂直入出射の例を示したが、光バスの入射端面で45°に傾斜させて垂直入出射光を前記45°傾斜端面で反射させる反射方式（図15（a））や、光バスの入射端面近傍の厚さ方向の面に近接してプリズムや回折格子を設けて前記プリズムや回折格子に入出射する光を光バスに結合するカプラー方式（図16）もある。また、光バスを電気基板などと積層する電気・光ハイブリッド基板の場合は、図15（b）に示すように、前記入出射端面を45°に傾斜させた光バスを使用して

、電気基板の前記 45° 傾斜端面近傍に垂直入射光を通す貫通穴を設けるとよい。

【0098】

また、上記実施の形態 1～11 では、シート状の屈折率分布スラブ導波路を単一平面上としたが、図 17 (a) のように厚さ方向に湾曲しても、図 17 (b) のように入射面と出射面が光軸に対して振れていても問題無い。これは、一般的な厚さ方向に屈折率が一定のスラブでは、スラブの湾曲によって光のスラブの境界面での反射時の入射角が変化するので分散や損失の影響が避けられないのに対して、厚さ方向の中心に極大値を有する屈折率分布を有するスラブの場合は、光がスラブの境界面に到達することが無く、前記スラブの境界面の状態に関係なく伝播するからである。

【0099】

なお、上記では入出力光として光に限定しているが、結合ロスの問題にしなければ、シングルモード光でも何ら問題は無い。

【0100】

なお、前記シート状の屈折率分布スラブ導波路の作製方法としては、例えば下記の 2 種類があげられる。

【0101】

第 1 の方法は、屈折率の異なる極薄のフィルムを前記シート状の屈折率分布スラブ導波路の厚さ方向の屈折率変化に合うように積層する方法で、第 2 の方法は、単一のシート内部に厚さ方向の組成を前記シート状の屈折率分布スラブ導波路の厚さ方向の屈折率変化に合うように変化させる方法である。

【0102】

第 1 の方法の例として、エポキシ系、アクリル系、ポリカーボネート系、ポリイミド系の樹脂のようにフッ素や重水素や硫黄などの添加量で前記極薄フィルムの屈折率を制御することなどが挙げられる。

【0103】

また、第 2 の例として、シート状のガラスへイオン注入して前記注入イオンのガラス内部での分布制御による前記シート状ガラス内部での屈折率分布や、シー

ト状のポリシラン硬化時のポリシラン内部での酸素濃度分布制御による前記シート状ポリシラン内部での屈折率分布や、シート状の全フッ素樹脂硬化時の全フッ素樹脂内部での高屈折率低分子と低屈折率モノマーの分布制御による前記シート状フッ素樹脂内部での屈折率分布などが挙げられる。なお、前記全フッ素樹脂内部で屈折率分布形成方法は、他の樹脂の場合での応用できる。

【0104】

【発明の効果】

以上述べたことから明らかなように、本発明は、マルチモードであっても高速伝送で分岐などの機能を実現することができるという効果を有するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1である光2分岐の構成概要図

【図2】

本発明の実施の形態2である光8分岐の構成概要図

【図3】

本発明の実施の形態3である2信号光ストレートバスの構成概要図

【図4】

本発明の実施の形態3である8信号光ストレートバスの構成概要図

【図5】

本発明の実施の形態4である2信号光クロスバスの構成概要図

【図6】

本発明の実施の形態4である8信号光クロスバスの構成概要図

【図7】

本発明の実施の形態5である2光信号加算分岐の構成概要図

【図8】

本発明の実施の形態6である光スイッチの片側制御構造と両側制御構造の構成概要図

【図9】

本発明の実施の形態7である光スイッチアレーの構成概要図

【図 10】

本発明の実施の形態 8 である 1 対ストレート双方向光バスの構成概要図

【図 11】

本発明の実施の形態 8 である 4 対ストレート双方向光バスの構成概要図

【図 12】

本発明の実施の形態 9 である 1 対クロス双方向光バスの構成概要図

【図 13】

本発明の実施の形態 10 である 1 対ストレート双方向光バスアレーの構成概要図

【図 14】

本発明の第 11 実施である多層光バスの構成概要図

【図 15】

本発明の反射型入射方法の構成概要図

【図 16】

本発明のカプラー型入射方法の構成概要図

【図 17】

本発明の光バスの各種形状の概要図

【図 18】

本発明の実施の形態 1 である光 2 分岐の BPM シミュレーション結果概要図

【符号の説明】

- 1 屈折率分布スラブ導波路
- 2 入射面
- 3 出射面
- 4 スラブ長 (L)
- 5 スラブ幅 (W)
- 6 スラブ厚 (D)
- 7 中心入射光
- 8 出射光
- 9 中心線

- 1 0 屈折率
- 1 1 最大屈折率 (n_0)
- 1 2 2 次曲線
- 1 3 屈折率分布
- 2 0 受光部
- 2 1 アレー O / E 変換部
- 2 2 出力電気線 (バス)
- 3 0 第 1 発光部
- 3 1 第 2 発光部
- 3 2 アレー E / O 変換部
- 3 3 入力電気線 (バス)
- 3 4 第 1 受光部
- 3 5 第 2 受光部
- 3 6 アレー O / E 変換部
- 3 7 出力電気線 (バス)
- 3 8 第 1 光
- 3 9 第 2 光
- 4 0 発光部
- 4 1 受光部
- 7 0 第 1 分岐光
- 7 1 第 2 分岐光
- 8 0 O F F 時出射光
- 8 1 O N 時出射光
- 8 2 第 1 部分導波路
- 8 3 第 2 部分導波路
- 8 4 非対称入射光
- 8 5 冷熱板
- 8 6 制御線
- 8 7 温度制御部

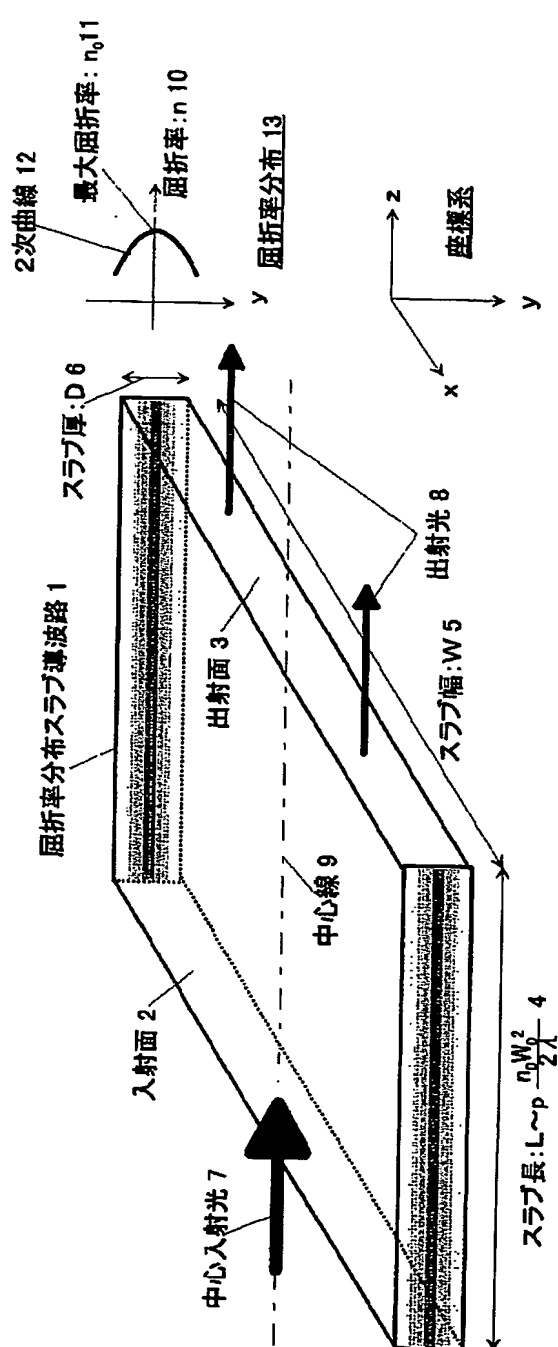
- 90 第1光スイッチ
- 91 第2光スイッチ
- 92 アレー入射光
- 93 第1受光部
- 94 第2受光部
- 95 第1アレーO/E変換部
- 96 第2アレーO/E変換部
- 97 第1出力電気線(バス)
- 98 第2出力電気線(バス)
- 100 第1発光部
- 101 第1受光部
- 102 第1光
- 103 第2光
- 104 第2受光部
- 105 第2発光部
- 106 第1E/O変換部
- 107 第1O/E変換部
- 108 第2O/E変換部
- 109 第2E/O変換部
- 110 第1アレーE/O変換部
- 111 第1アレーO/E変換部
- 112 第2アレーO/E変換部
- 113 第2アレーE/O変換部
- 130 第1ストレート双方向光バス
- 131 第8ストレート双方向光バス
- 132 第1アレーE/O変換部
- 133 第1アレーO/E変換部
- 134 第2アレーO/E変換部
- 135 第2アレーE/O変換部

- 1 3 6 第 1 入力電気線 (バス)
- 1 3 7 第 1 出力電気線 (バス)
- 1 3 8 第 2 入力電気線 (バス)
- 1 3 9 第 2 出力電気線 (バス)
- 1 4 0 揃い端面
- 1 4 1 異長光バス
- 1 4 2 異長光バス端面
- 1 7 1 屈折率分布湾曲スラブ導波路
- 1 7 2 屈折率分布捩れスラブ導波路

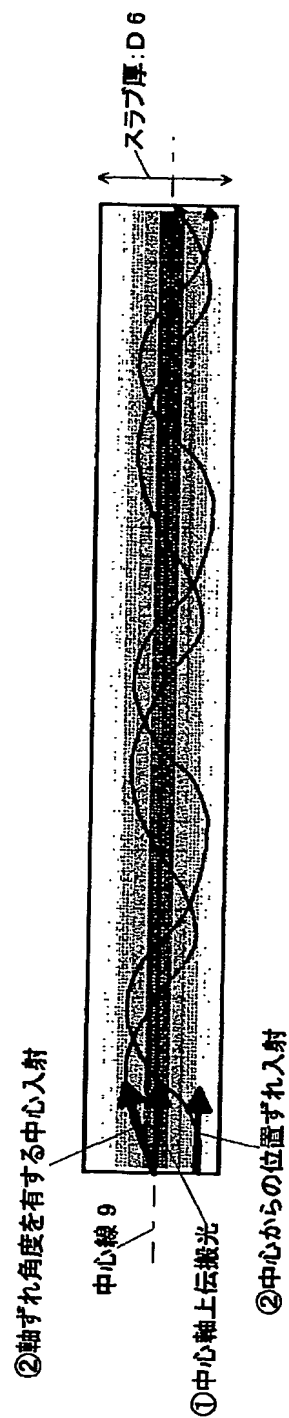
【書類名】

凶面

【図 1】

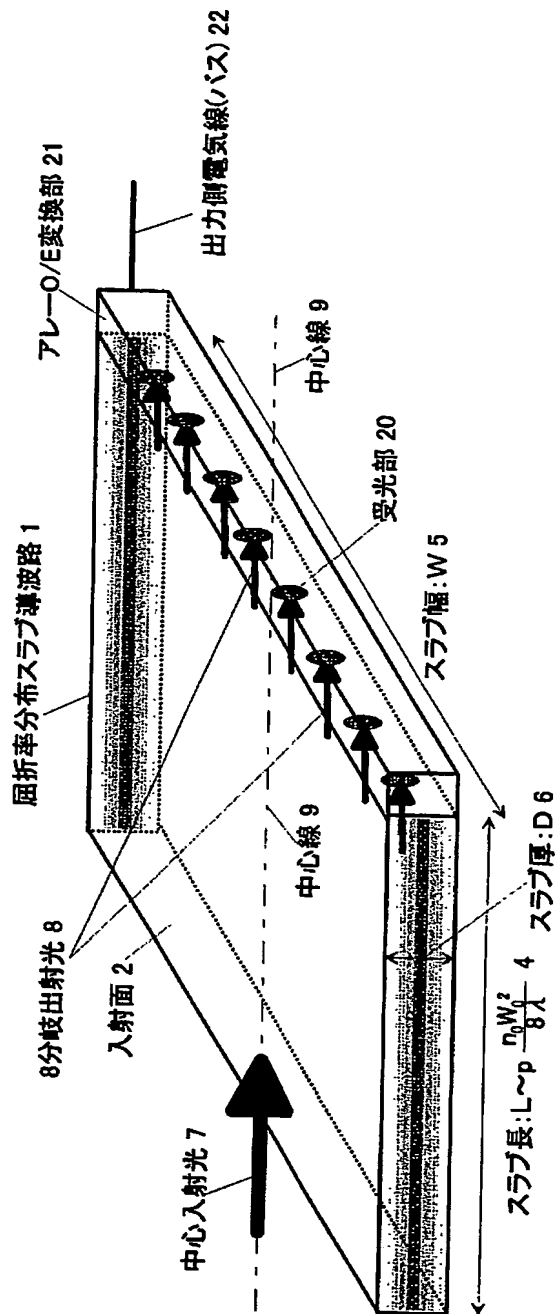


(a) 斜視図

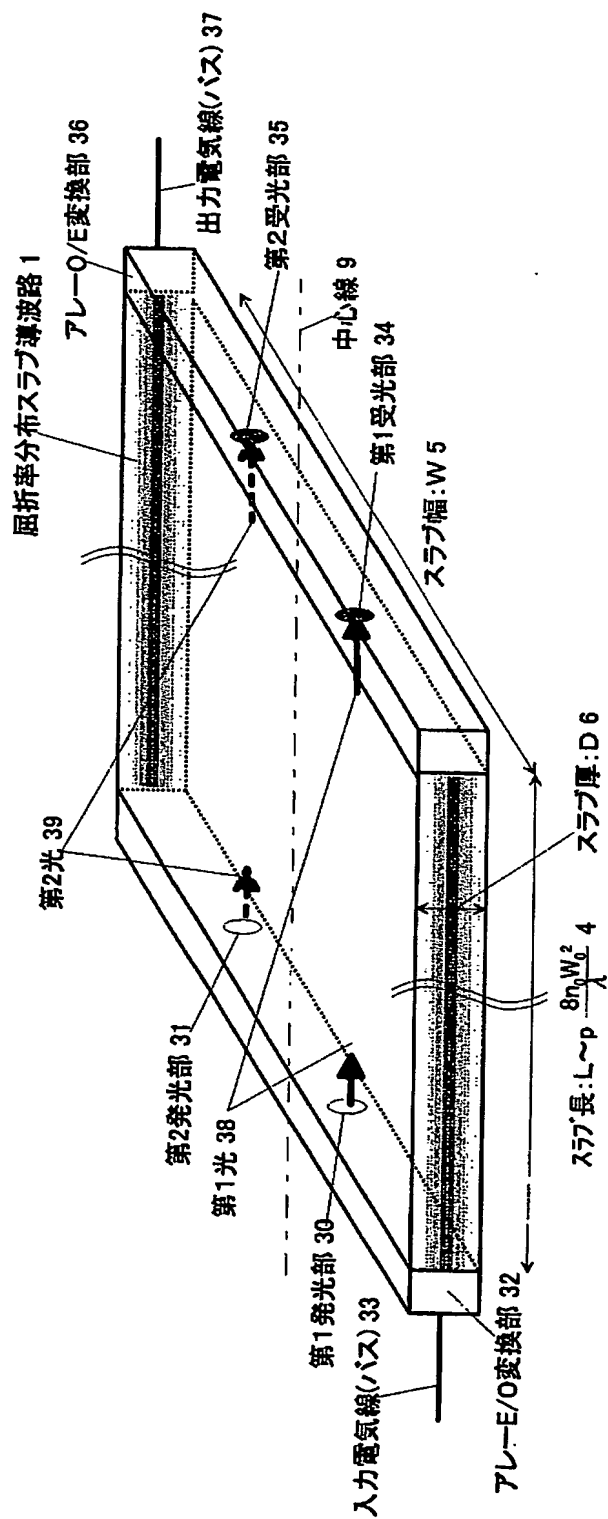


(b) 中心線上断面図

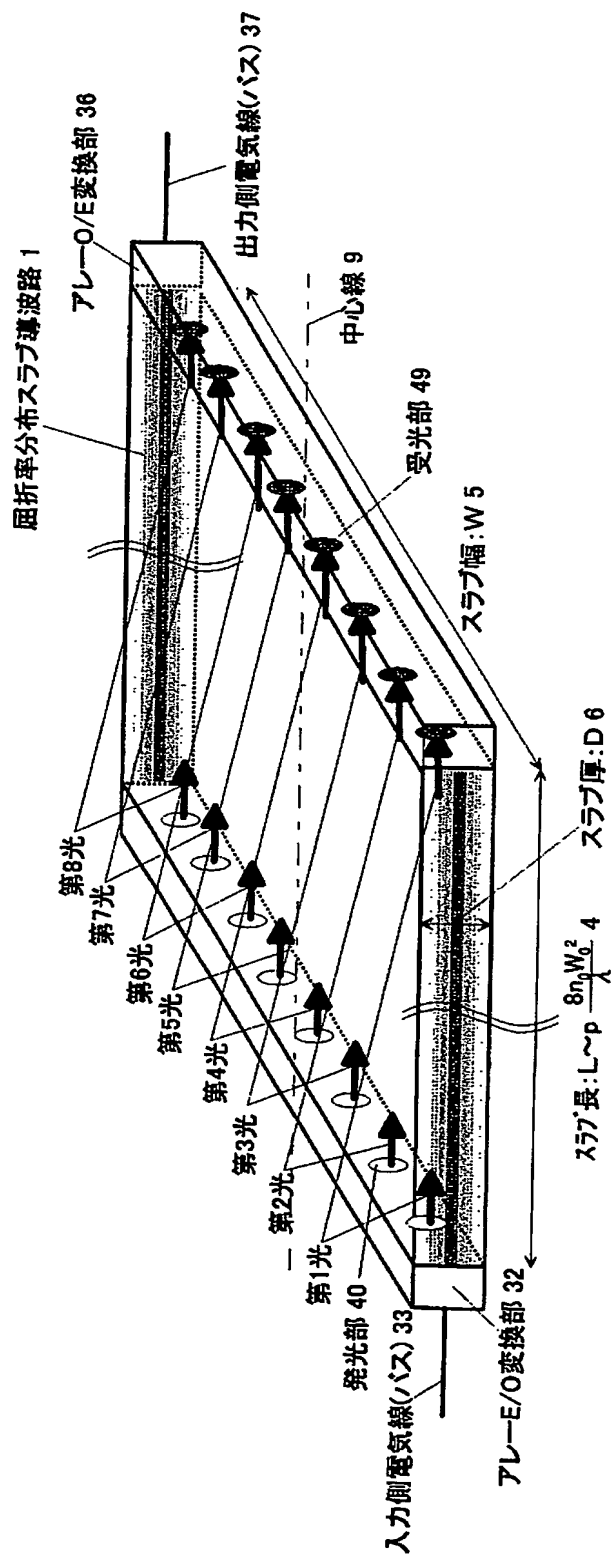
【図 2】



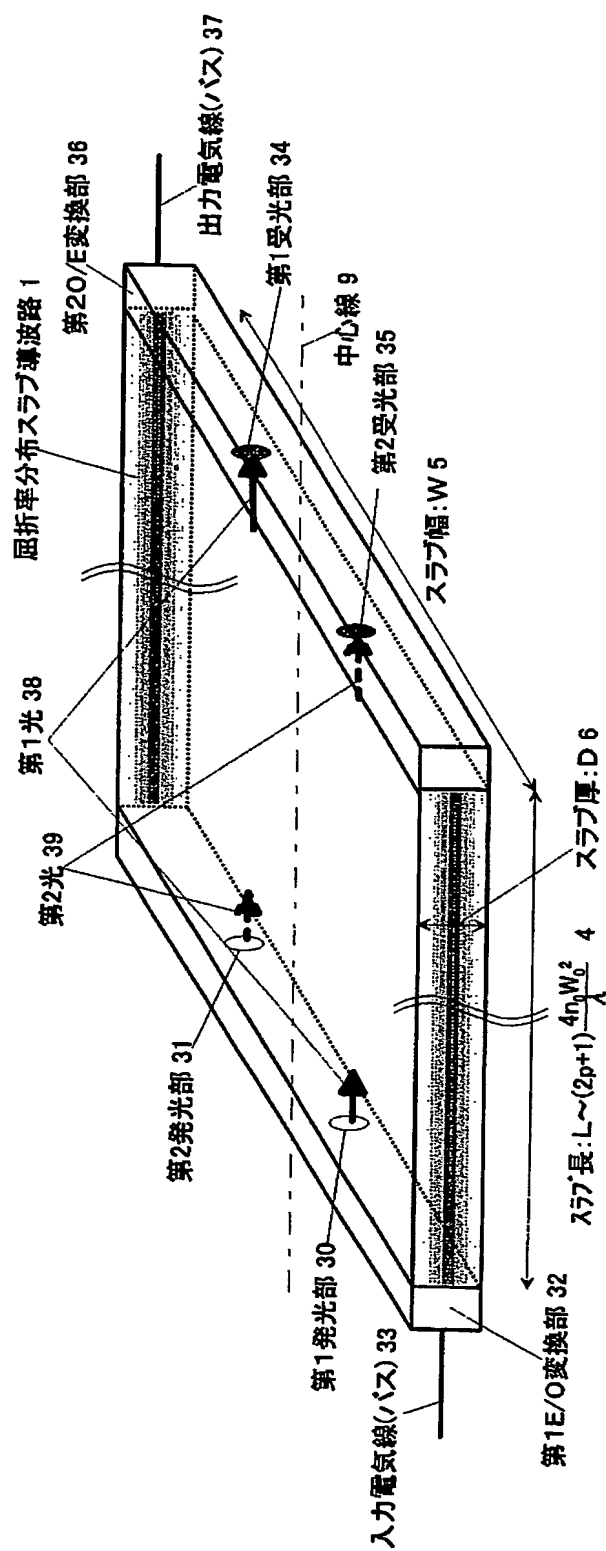
【図3】



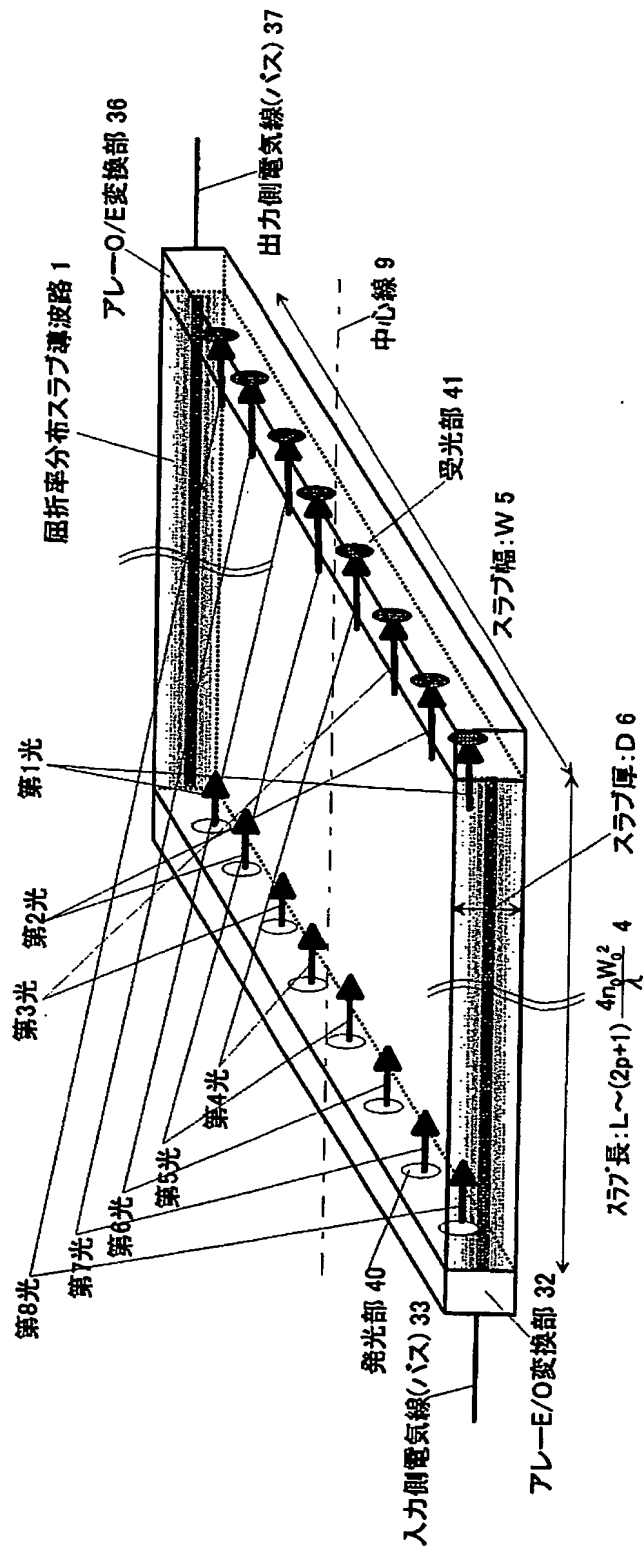
【図 4】



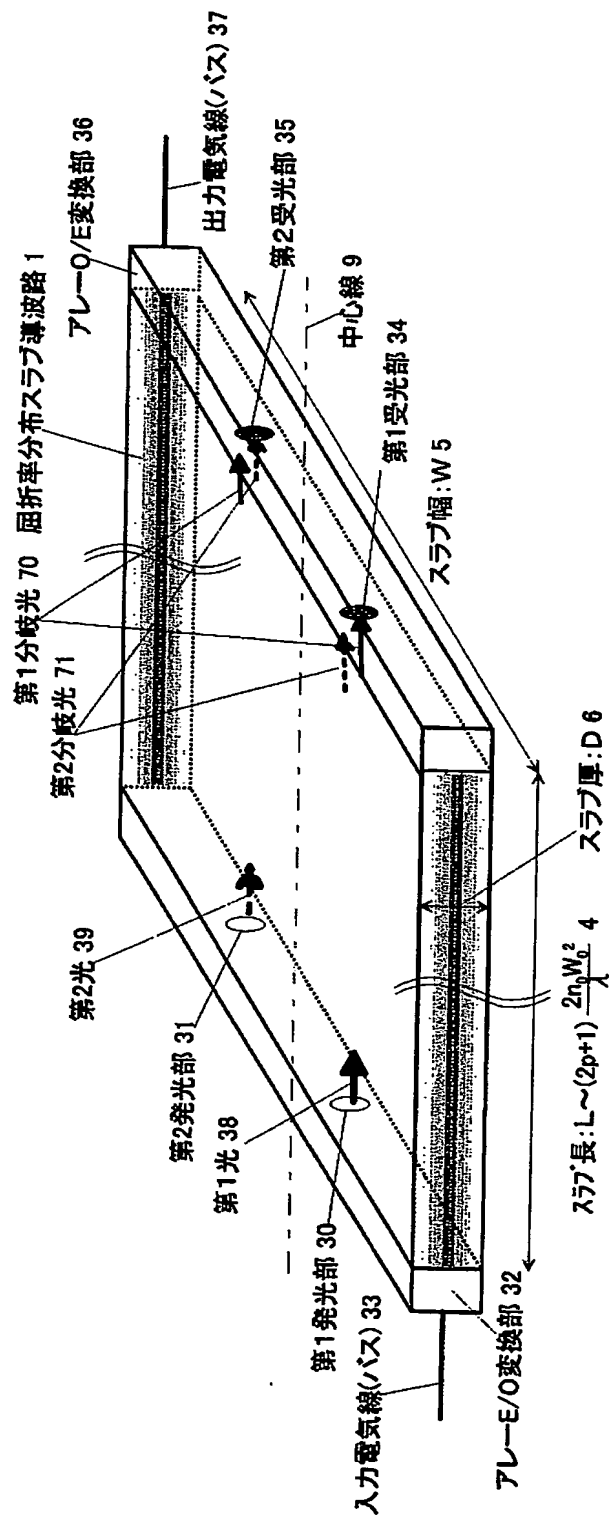
【図 5】



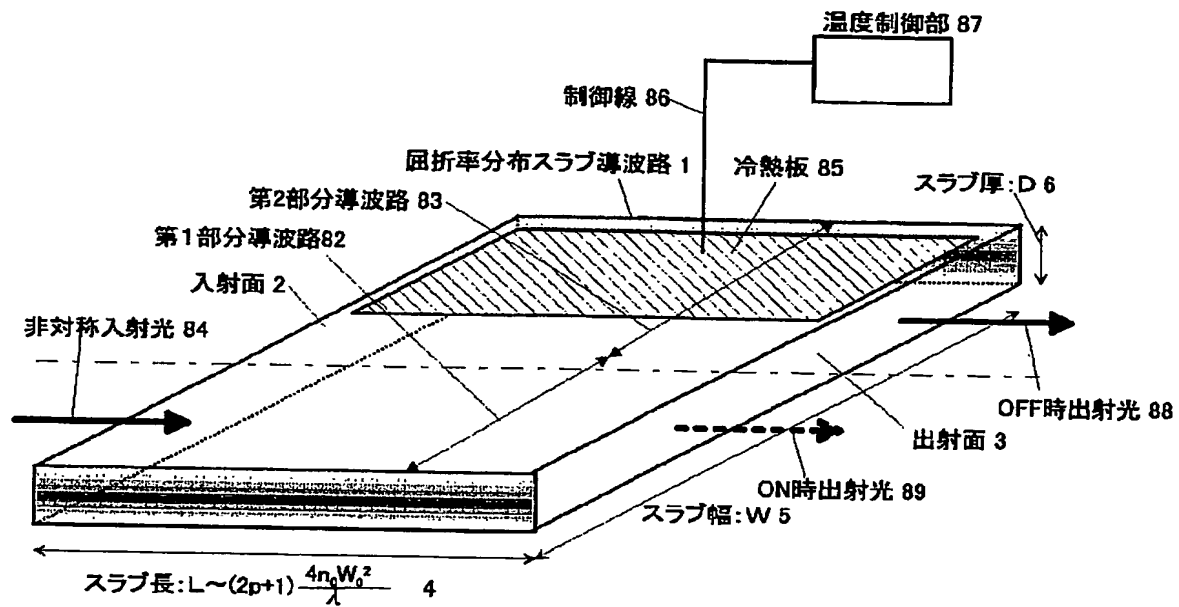
【図6】



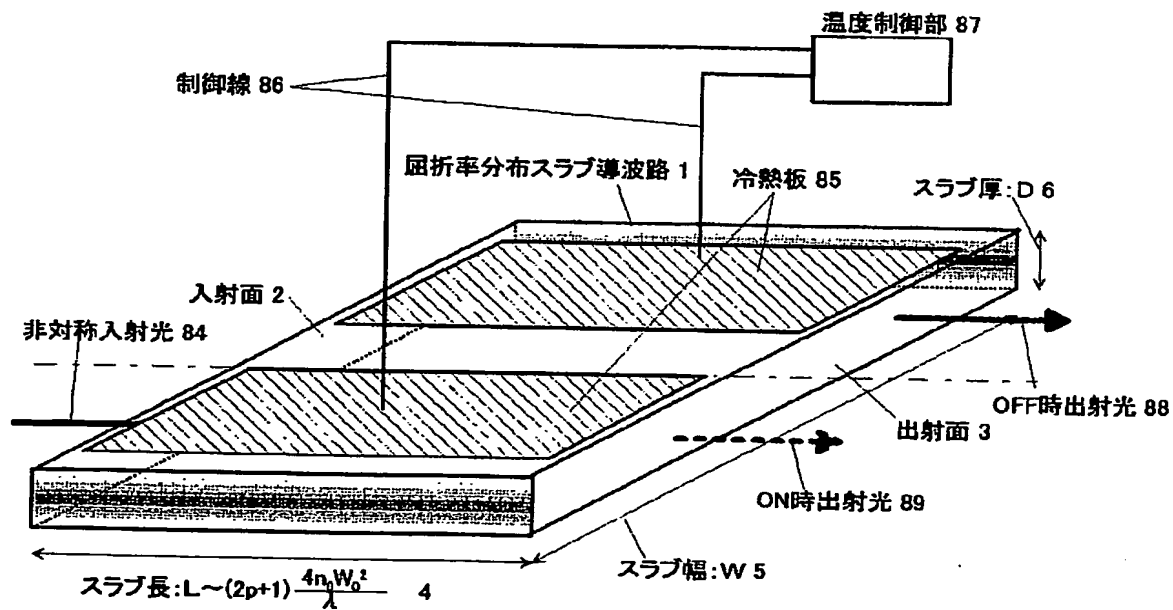
【図 7】



【図 8】

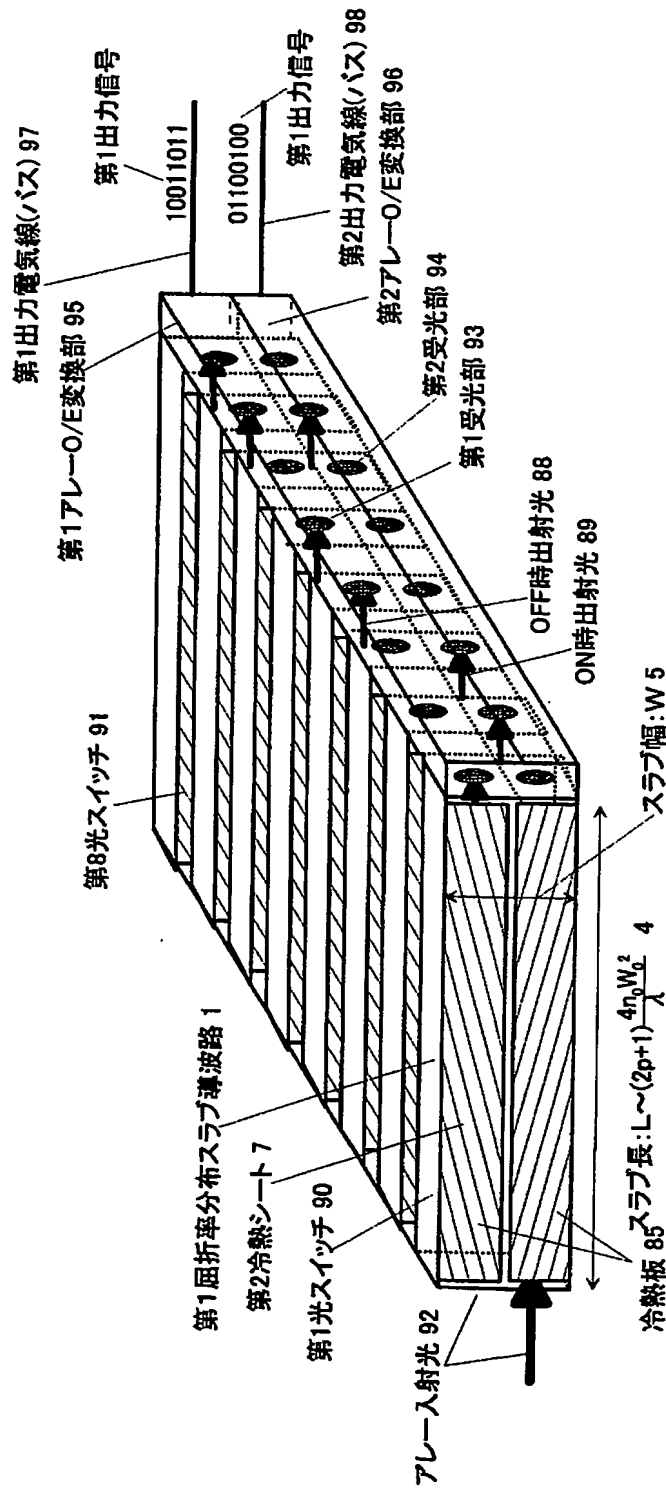


(a) 片側制御

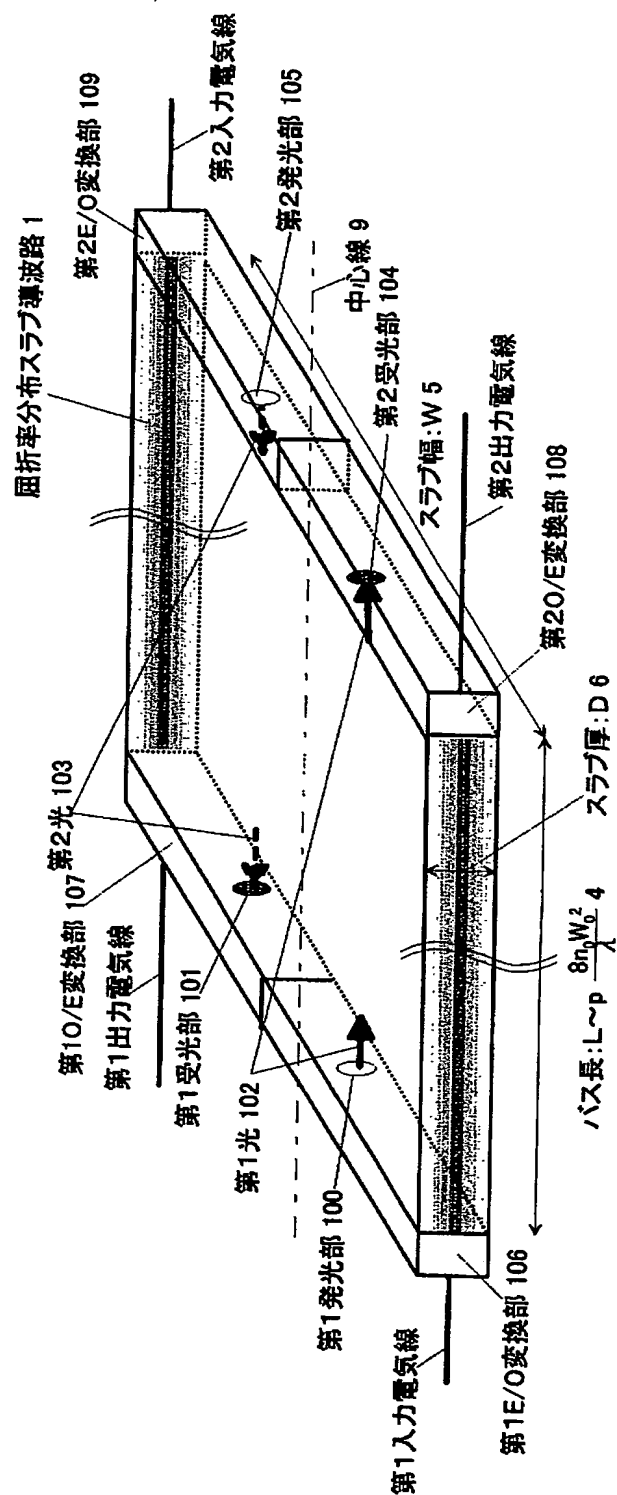


(b) 両側制御

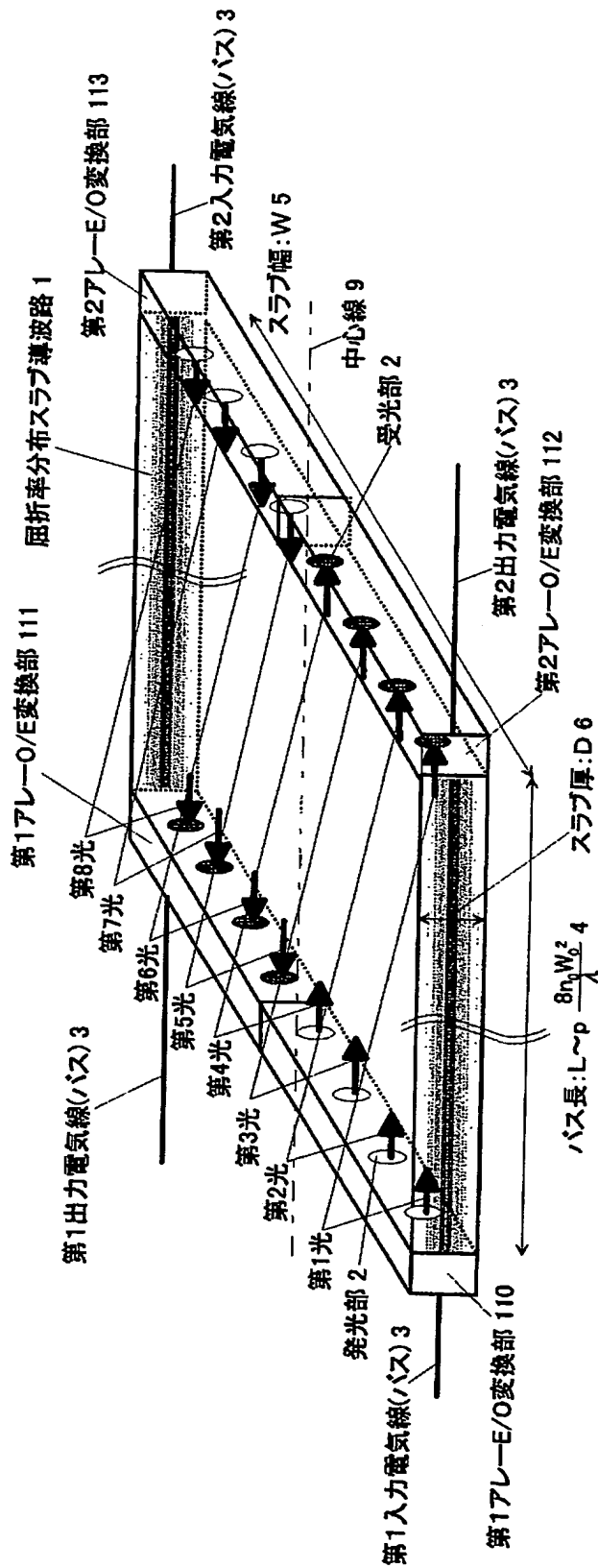
【図9】



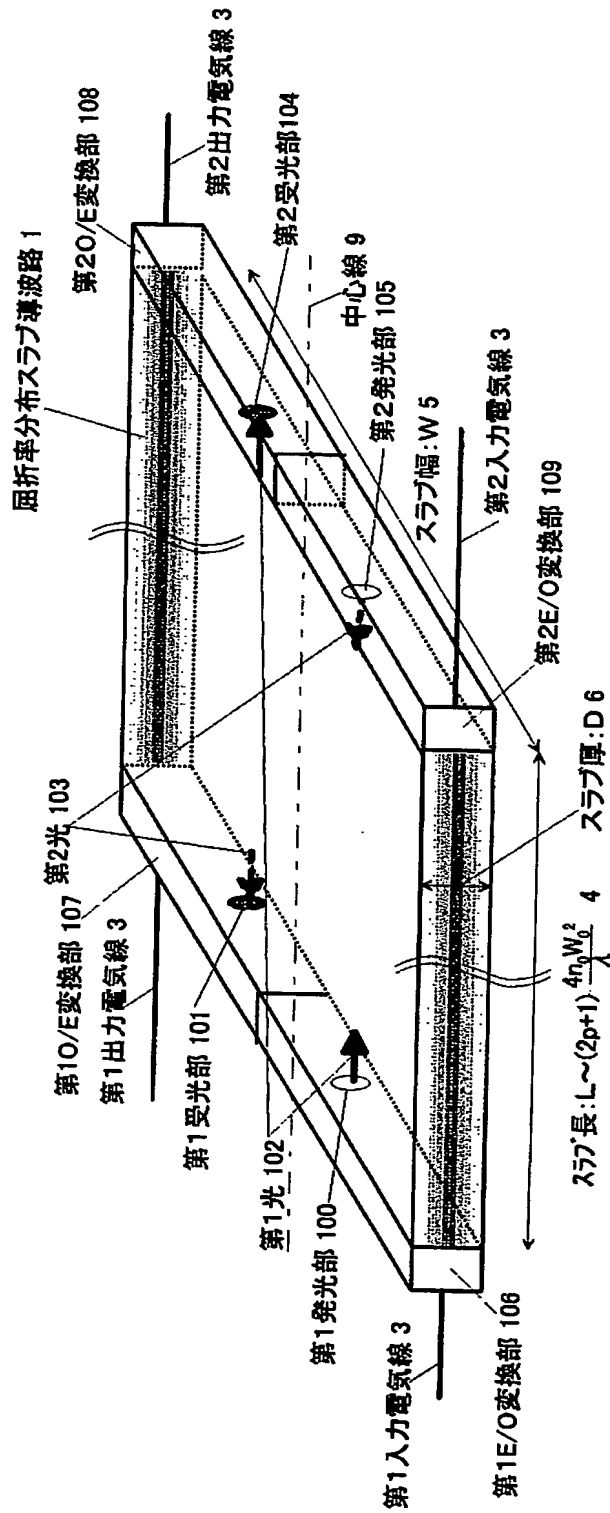
【図 10】



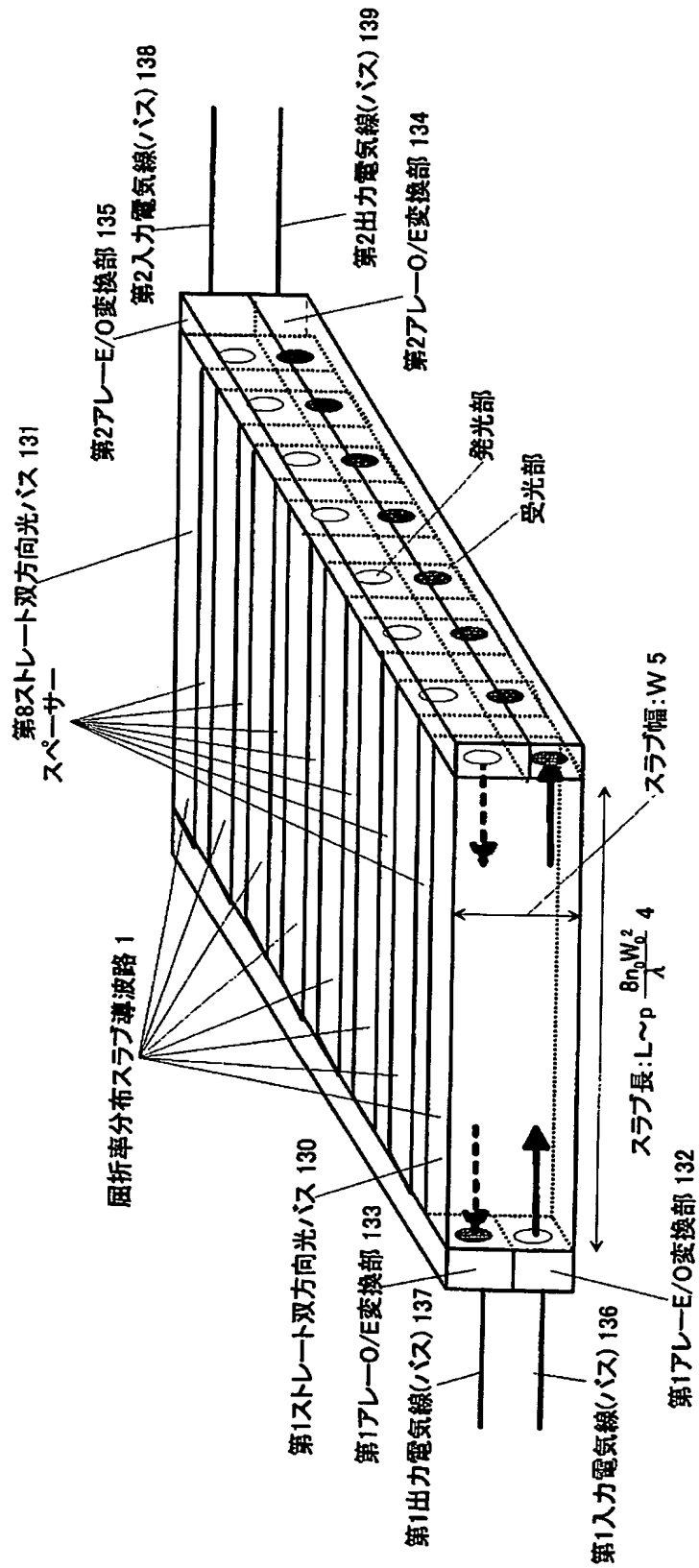
【図11】



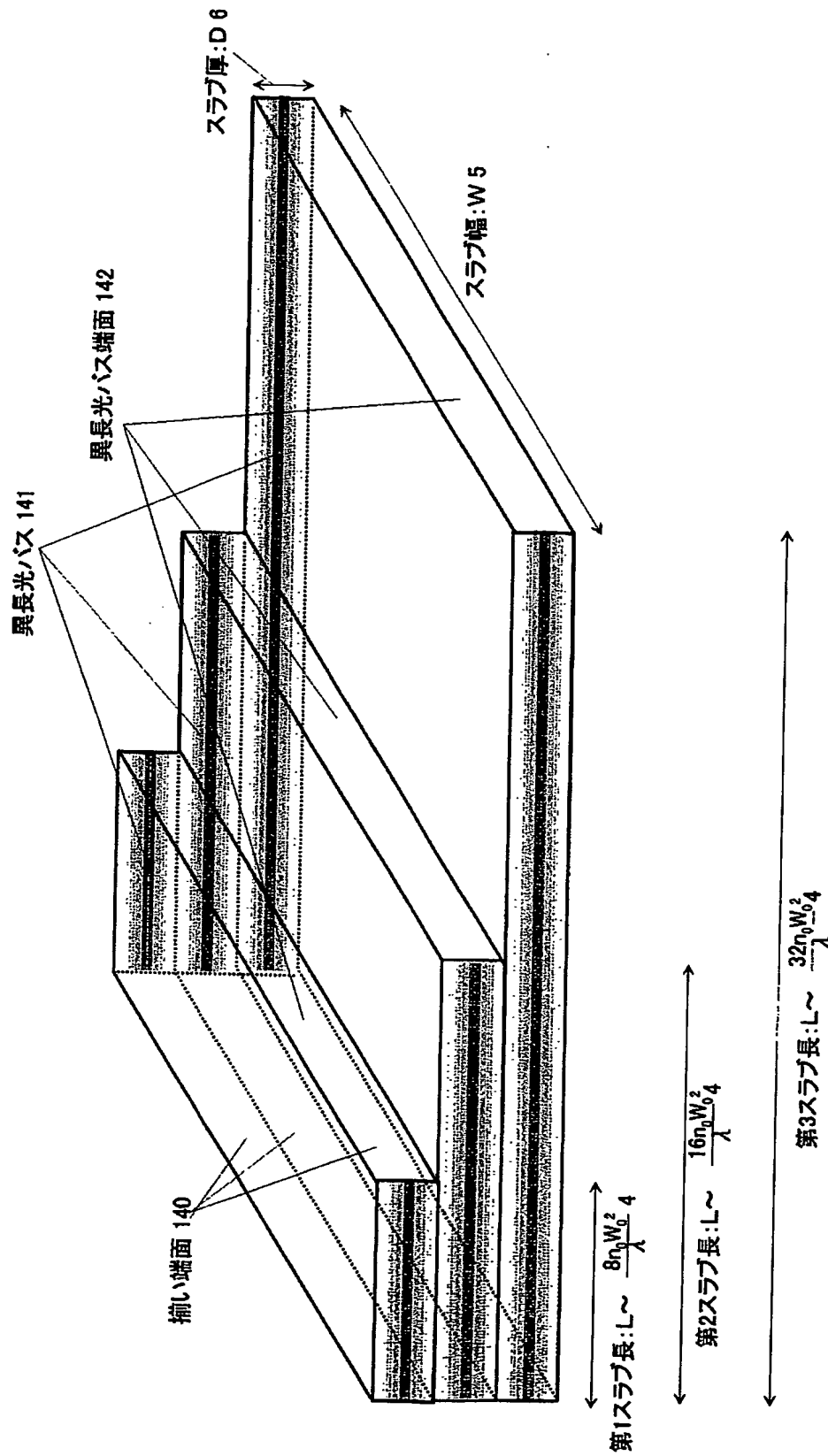
【図 12】



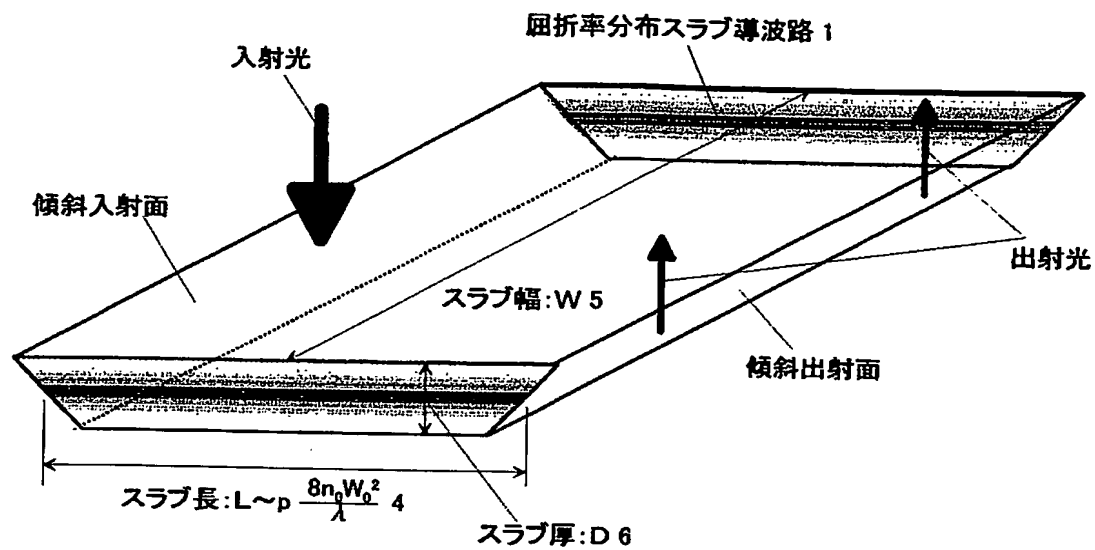
【図 13】



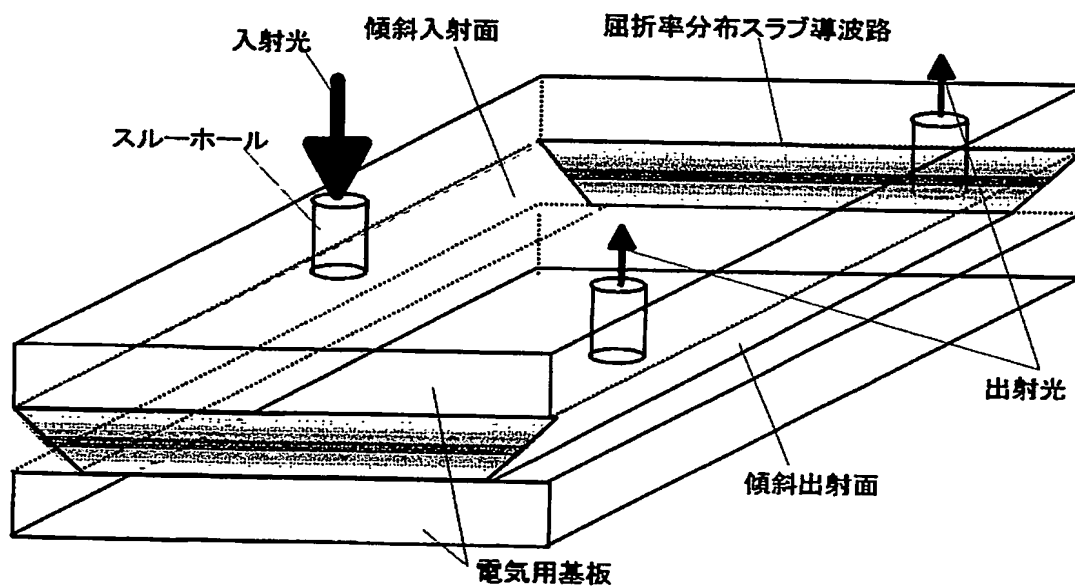
【図14】



【図 15】

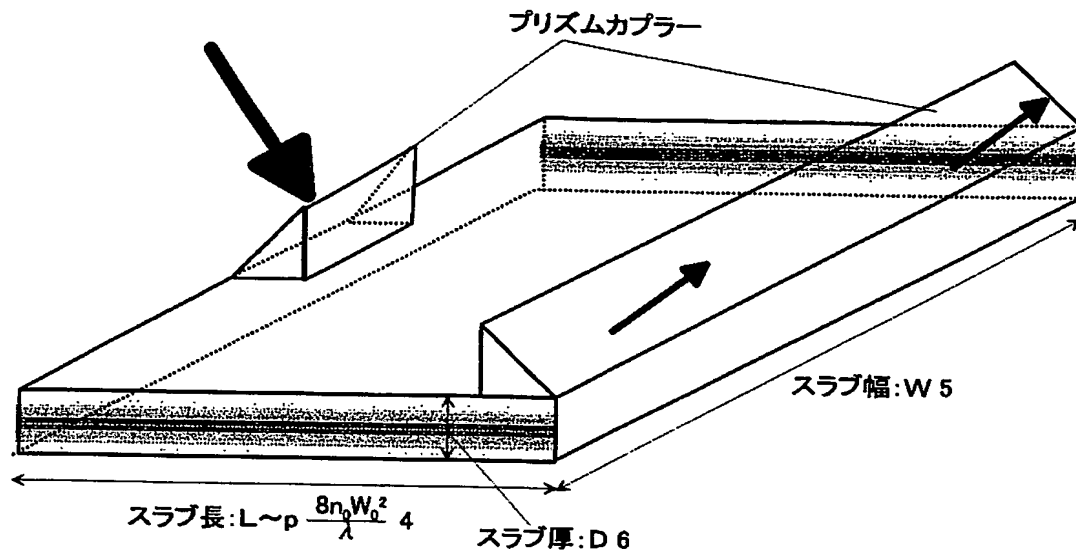


(a) 反射型入射



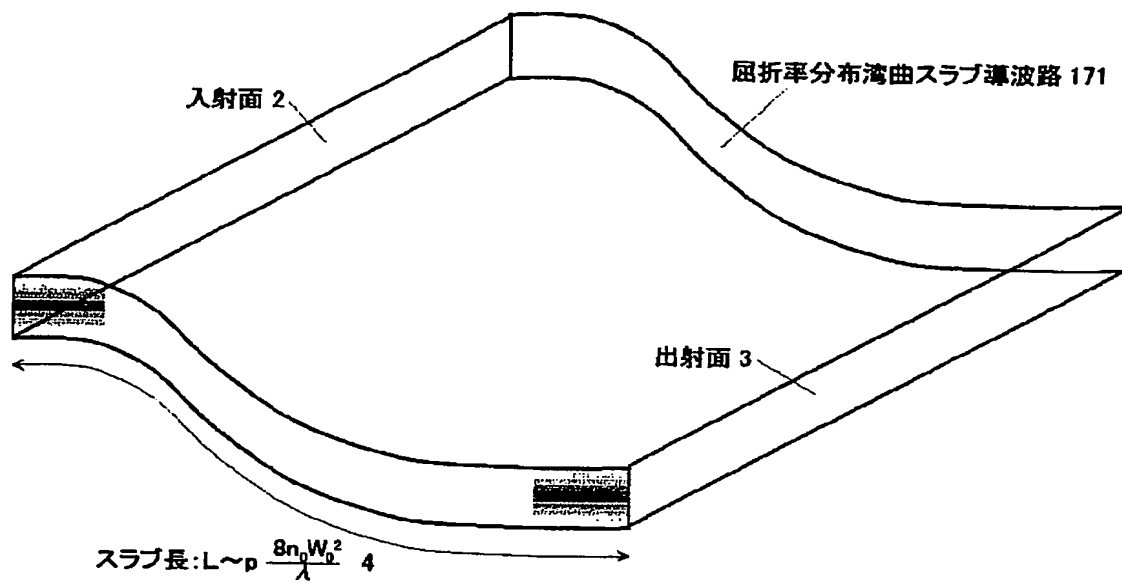
(b) ハイブリッド基板への反射型入射

【図 16】

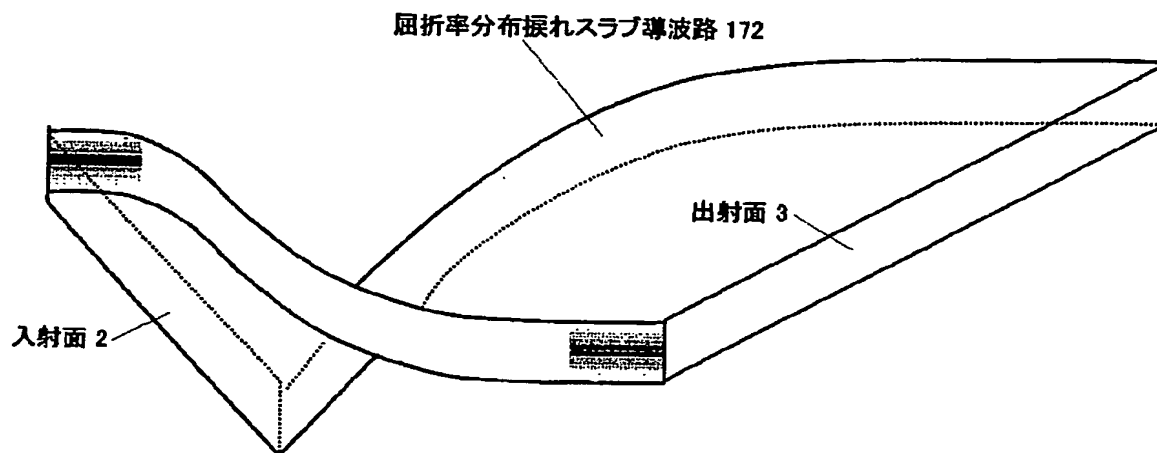


カプラー型入射

【図 17】

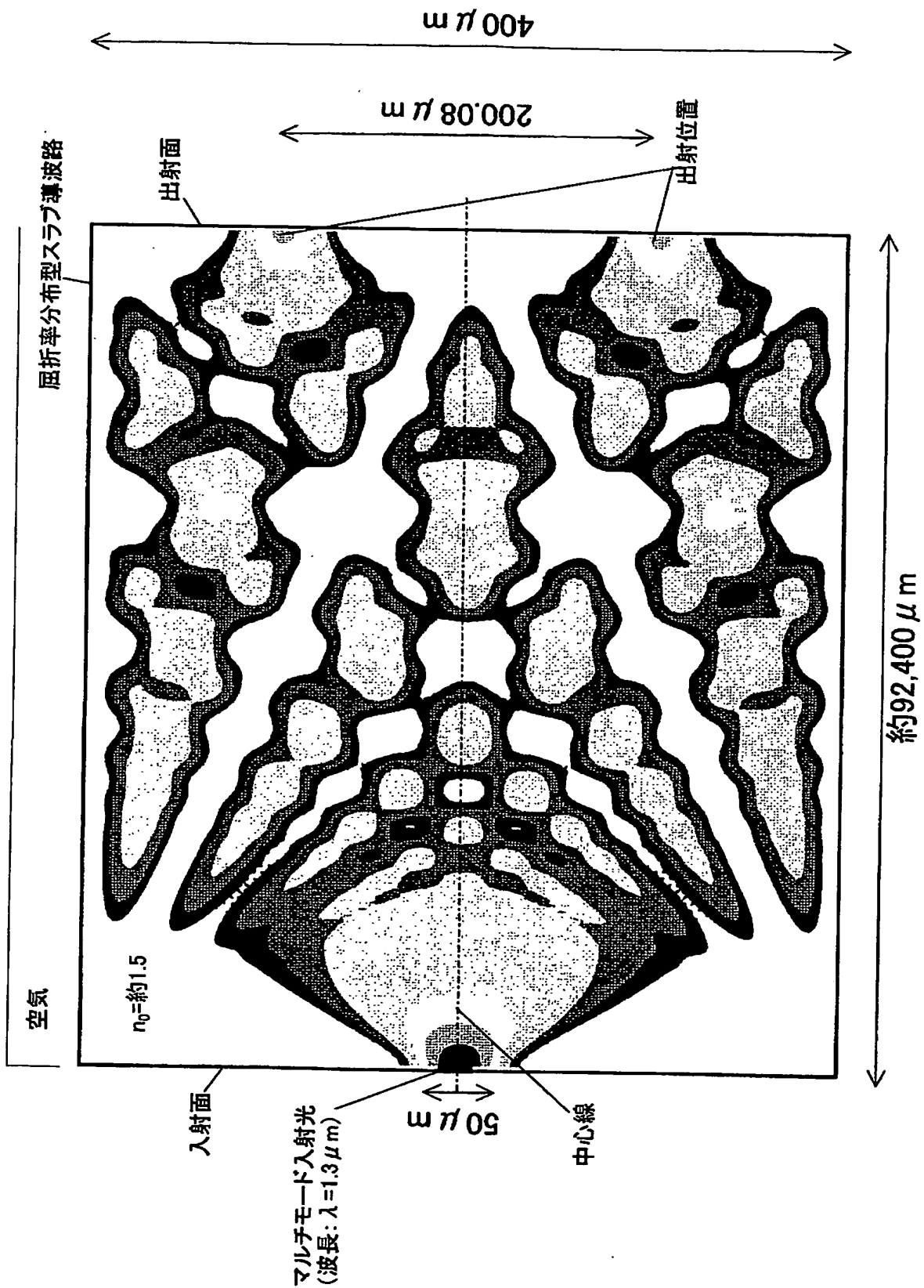


(a) 湾曲した光バス



(b) 振れた光バス

【図 18】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の光デバイスでは、マルチモードであっても高速伝送で分岐などの機能を実現することが困難であった。

【解決手段】 入射光を入射させる入射部と、出射光を受光する出射部と、厚さ方向において、中心で最大となり、前記中心から離れるに従って屈折率が低下する屈折率分布を有し、前記入射光が励起する幅方向の多モードの伝搬方向に沿ったモード分散によって前記出射光状態が決まるシート状の多モード光伝送路で構成される。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 4 5 7 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社